



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**“Diseño e instalación de un laboratorio de riego presurizado con fines académicos en la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI)”.**

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

**Elaborado por**

Br. Danis Miguel Navas Ramírez

Br. Pastor Román Padilla Meza

Br. Saúl Ernesto Pérez Arroliga

**Tutor**

Ing. José Mamerto Méndez Úbeda

Managua, Nicaragua

Diciembre 2019

## **DEDICATORIA**

*A Dios nuestro creador:*

*Por ser mi fortaleza, mi guía y mi dotador de salud, amor y sabiduría.*

*A mis padres: María del socorro Arroliga Rugama, Donald Noé Pérez Arroliga*

*Por brindarme todo su amor, apoyo, comprensión y por ser los responsable de toda mi formación y mis logros, gracias por ser las persona más importante en mi vida.*

*Br. Saúl Ernesto Pérez Arroliga*

## *DEDICATORIA*

*A Dios nuestro creador:*

*Por ser mi fortaleza, mi guía y mi dotador de salud, amor y sabiduría.*

*A mi madre: Cristian Ramírez Varga*

*Por brindarme todo su amor, apoyo, comprensión y por ser la responsable de toda mi formación y mis logros, gracias madre eres la persona más importante en mi vida.*

*Br. Danis Miguel Navas Ramírez*

## *DEDICATORIA*

*A Dios nuestro creador:*

*Por ser mi fortaleza, mi guía y mi dotador de salud, amor y sabiduría.*

*A mi familia*

*Por brindarme todo su amor, apoyo, comprensión y por ser los responsable de toda mi formación y mis logros, gracias por ser las persona más importante en mi vida.*

*Br. Pastor Román Padilla Meza*

## **RESUMEN**

La elaboración de este trabajo monográfico se basa en diversos objetivos que se pretenden alcanzar y cuyo principal fin es apoyar la preparación de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Tecnología de la Construcción de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Este trabajo presenta los diferentes métodos de riego presurizado que pueden ser implementados en la explotación de diversos cultivos propuestos, así como generalidades que se deben de tomar en cuenta para el manejo de cada uno de los mismos cultivos. El diseño fue realizado sobre un plan de desarrollo estratégicos de la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI).

Para la realización de este trabajo se llevaron a cabo diversas pruebas de campo y análisis en laboratorios necesario para realizar un diseño eficiente de los diferentes sistemas de riego que conformaran el laboratorio de riego presurizado.

# ÍNDICE

I. INTRODUCCION.....	1
II. ANTACEDENTES .....	2
III. JUSTIFICACION .....	3
IV. OBJETIVOS .....	4
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
V. MARCO TEORICO .....	5
5.1. GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE RIEGO.....	5
5.2. EL RIEGO POR ASPERSIÓN .....	6
5.2.1. Ventajas .....	8
5.2.2. Desventajas. ....	8
5.2.3. Diseño agronómico .....	9
5.2.4. Diseño hidráulico.....	9
5.3. RIEGO POR MICROASPERSIÓN.....	9
5.3.1. Microaspersores.....	10
5.3.2. Ventajas .....	10
5.3.3. Desventajas .....	11
5.3.4. Diseño agronómico .....	11
5.3.5. Diseño hidráulico.....	11
5.4. RIEGO POR GOTEO (GOTERO DE BOTON).....	12
5.4.1. Modelos de humedecimiento del suelo en el riego por goteo .....	12
5.4.2. Ventajas .....	14
5.4.3. Desventajas .....	15
5.4.4. Diseño agronómico .....	16

5.4.5.	Diseño hidráulico.....	16
5.5.	SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO CON CINTA .....	16
5.5.1.	Ventajas .....	17
5.5.2.	Desventajas .....	17
5.5.3.	Diseño agronómico .....	18
5.5.4.	Diseño hidráulico.....	18
5.6.	GENERALIDADES DE LOS CULTIVOS .....	19
5.6.1.	PLÁTANO .....	19
5.6.2.	PAPAYA.....	26
5.6.3	ZANAHORIA .....	30
5.6.3.	RABANO .....	33
5.6.4.	CEBOLLA.....	35
5.6.5.	AJO .....	38
5.6.6.	CHILTOMA.....	41
5.6.7.	TOMATE .....	43
5.6.8.	BERENJENA.....	48
5.6.9.	SANDIA.....	52
5.6.10	MELÓN .....	55
5.7.	CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS.....	58
5.7.1.	Clima.....	59
5.7.2.	Viento.....	59
5.7.3.	Precipitación Pluvial .....	59
5.7.4.	Humedad Relativa.....	59
5.7.5.	Temperatura.....	59
5.7.6.	Vientos .....	60

5.7.7.	Radiación solar .....	60
5.7.8.	Evaporación .....	60
5.7.9.	Evapotranspiración .....	61
5.8.	PROPIEDADES HÍDRICAS DE LOS SUELOS .....	61
5.8.1.	Capacidad de Campo (CC) .....	62
5.8.2.	Punto de Marchitez Permanente (PMP).....	63
5.8.3.	Limite Productivo (LP).....	63
5.8.4.	Infiltración.....	64
5.9.	PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS .....	65
5.9.1.	Estructura.....	65
5.9.2.	Textura .....	66
5.9.3.	Densidad Aparente del suelo (Da) .....	67
5.9.4.	Densidad Real del suelo (Dr) .....	67
5.9.5.	Porosidad .....	67
5.10.	PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS.....	68
5.10.1.	Acidez del suelo (pH) .....	68
5.10.2.	Materia Orgánica (MO) .....	68
5.11.	ELEMENTOS QUÍMICOS DEL SUELO .....	69
5.11.1.	Nitrógeno(N).....	69
5.11.2.	Fosforo (P) .....	69
5.11.3.	Potasio (K) .....	69
VI.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	70
6.1.	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	70
6.2.	MACRO LOCALIZACION .....	70
6.2.1.	MICRO LOCALIZACION .....	71



6.3.	DISEÑO AGRONÓMICO.....	72
6.3.1.	Formulas a utilizar .....	72
6.4.	DISEÑO HIDRÁULICO .....	75
6.4.1.	Diseño Hidráulico de Riego por Aspersión .....	76
6.3.2.	Diseño Hidráulico del riego localizado de alta frecuencia (Microaspersión y Goteo) .....	82
6.4.	DISEÑO GEOMÉTRICO .....	88
6.5.	INSTALACIÓN DEL LABORATORIO DE RIEGO PRESURIZADO...	88
6.6.	ACTUALIZACIÓN DE GUIAS DE PRACTICAS DE CAMPO .....	89
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	90
7.1.	DISEÑO AGRONOMICO.....	90
7.2.	DISEÑO HIDRAULICO.....	91
7.2.1.	Diseño Hidráulico del riego por Aspersión.....	91
7.2.1.1.	Diseño de la tubería lateral.....	92
7.2.1.2	Diseño de la tubería maestra .....	94
7.2.1.3.	Cálculo del gasto de la maestra .....	94
7.2.1.4.	Cálculo de las $h_f$ max.....	95
7.2.1.5.	Cálculo de diámetro de la maestra.....	95
7.2.1.6.	Cálculo de la carga a la entrada de la maestra .....	95
7.2.1.7.	Diseño de tubería conductora .....	95
7.2.2.	Diseño Hidráulico riego por Microaspersión .....	97
7.2.2.1.	Diseño de tubería lateral .....	97
7.2.2.2.	Diseño de tubería Terciaria .....	99
7.2.2.3	Diseño de tubería Conductora.....	101
7.2.2.4.	Requerimientos del Equipo Motobomba .....	102

7.2.3.	Diseño Hidráulico riego por Goteo (Gotero de Botón) .....	104
7.2.3.1.	Diseño de tubería lateral .....	104
7.2.3.2.	Diseño de tubería Terciaria .....	106
7.2.3.3.	Diseño de tubería Conductora .....	107
7.2.3.4.	Requerimientos del Equipo Motobomba .....	109
7.2.4.	Diseño Hidráulico del riego por goteo con cinta.....	111
7.2.3.2.	Diseño de tubería lateral .....	111
7.2.3.4.	Diseño de tubería Terciaria .....	113
7.2.3.5.	Diseño de tubería Conductora .....	114
7.2.4.4.	Requerimientos del Equipo Motobomba .....	116
7.3.	DISEÑO GEOMETRICO DEL LABORATORIO DE RIEGO	
PRESURIZADO .....		118
7.4.	INSTALACIÓN DEL LABORATORIO DE RIEGO PRESURIZADO.	119
7.5.	ACTUALIZACIÓN DE GUIAS DE PRACTICAS DE CAMPO .....	126
7.5.1.	PRÁCTICA No. 1 .....	127
7.5.2.	PRÁCTICA No. 2 .....	134
7.5.3.	PRÁCTICA No. 3 .....	142
7.5.4.	PRÁCTICA No. 4 .....	151
7.5.5.	PRÁCTICA No. 5 .....	162
7.5.6.	PRÁCTICA No. 6 .....	169
7.5.7.	PRÁCTICA No. 7 .....	179
VIII.	CONCLUSION.....	186
XI.	RECOMENDACIONES.....	187
X.	BIBLIOGRAFIA.....	188
XI.	ANEXOS.....	193

## **I. INTRODUCCION**

La Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI) está ubicada en la comunidad “Santa Clara” de la comarca “Las Cortezas”, en el municipio de “Tisma”, departamento de Masaya, Nicaragua. Actualmente es donde los estudiantes de la carrera de ingeniería agrícola hacen uso de ella para el desarrollo de sus prácticas este es el motivo donde se ha dedicado hacer este trabajo científico que aportara al desarrollo de dicha carrera por lo que la propuesta es diseñar e instalar un laboratorio de riego presurizado con fines académicos.

En este documento se presenta la propuesta de diseño e instalación de los sistemas de riego por aspersión, microaspersión, goteo de botón y cinta de goteo para fines prácticos, tomando en cuenta las condiciones de la finca para una buena aplicación de riego, con el fin de dar una herramienta básica para el desarrollo de los conocimientos teóricos evaluados en el campo práctico, para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agrícola.

Uno de los aspectos importante es complementar la base teórica con las prácticas en el área de riego. Apoyar los trabajos de investigación que tiendan a generar o validar conocimientos sobre los requerimientos hídricos de los cultivos. Generar y aprobar tecnologías que hagan más viables y eficiente el manejo de los recursos hídricos.

En general, se puede decir que se tendrán un buen control y seguimiento de los sistemas riego presurizado en La finca agrícola experimental (FAE-UNI) y es aquí donde podremos realizar un gran avance y perfeccionamiento de nuestras guías de prácticas.

## II. ANTACEDENTES

- (Cerde & Doña, 2013). Elaboraron un diseño e instalación de un sistema de riego por aspersión con fines prácticos en la Finca Agrícola Experimental. Determinando los parámetros de elección del sistema de riego por aspersión dando como resultados los conocimientos prácticos para una mayor consolidación de la teoría.
- (Mayorga & Aguilar, 2013). realizó en la Finca Agrícola Experimental un estudio monográfico en el que consistía diseño e instalación de un sistema de riego para el cultivo del plátano (*Musa sp*) en su desarrollo determinaron las propiedades hidrofísicas del suelo y sus condiciones edafoclimáticas.
- (Quijano, Juarez, & Sandoval, 2014). Evaluaron la adaptabilidad de cuatro variedades de papa a las condiciones edafoclimáticas. Realizaron el diseño agronómico, hidráulico y geométrico del sistema de riego que suministre el agua necesaria para el desarrollo del cultivo.
- (Chávez, Hernandez, & Pérez, 2018) Diseñaron un sistema de riego por cañones para suministrar una lámina de riego en el pasto mejorado Maralfalfa (*Pennisetum sp*) en la finca El Brasil Blanco, municipio de San Francisco Libre, departamento de Managua. Determinando la rentabilidad de la implementación del sistema de riego por cañones.

### **III. JUSTIFICACION**

Ante el incremento de las demandas que subsisten en nuestro país en el uso de los sistemas de riego y las demandas de los estudiantes de Ingeniería Agrícola en desarrollar el buen manejo de los sistemas de riego, las autoridades del departamento de Ingeniería Agrícola analizaron las necesidades de construir un laboratorio de riego presurizado.

En la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI), se establecerá el laboratorio de riego presurizado dando beneficios a la comunidad estudiantil y aportado soluciones a las demandas actuales de nuestro país en el área específica de la agricultura.

La principal característica de este laboratorio será el complemento de la teoría con la práctica en cada una de las asignaturas que lo requieran, dando la oportunidad de hacer trabajos de investigación monográficas, proyectos de cursos y participación en ferias impulsadas por la Vicerrectoría de Investigación de nuestra casa de estudio Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), presentado resultados de investigaciones.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseño e instalar un laboratorio de riego presurizado en la Finca Agrícola Experimental para la realización de prácticas de campo de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agrícola.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el diseño agronómico, hidráulico y geométrico de los diferentes métodos de riego presurizado que conforman el laboratorio de riego.
- Instalar los diferentes sistemas de riego en un área seleccionada en la Finca Agrícola Experimental.
- Actualizar las guías de prácticas de campo de las asignaturas de riego, considerando las características y componentes del laboratorio de riego.

## V. MARCO TEORICO

### 5.1. GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

Sistema de Riego. Es el conjunto de estructuras, que permite determinar qué área pueda ser cultivada aplicándole el agua necesaria a las plantas. Este consta de varios componentes. El conjunto de componentes dependerá de si se trata de riego superficial, por aspersión, o por goteo. Por ejemplo, un embalse no será necesario si existe otra fuente de agua cercana tales como río o arroyo de los cuales se capta el agua y estos tienen un caudal suficiente incluso en el período de sequía (SLIDESHARE, 2019).

Temperatura, Viento, Precipitación, Humedad Relativa, Insolación, Evaporación, etc., son factores del clima que influyen en el desarrollo de los cultivos, determinando un parámetro llamado evapotranspiración del cultivo que relaciona al suelo y a la planta, que se toma muy en cuenta para el diseño y programación de los riegos.

Las relaciones que existan entre el suelo, el agua, la planta y el clima son esenciales para manejar un determinado sistema de riego ya que de ellas depende el movimiento del agua en el suelo, en la planta y cómo de esta pasa a la atmósfera. Por lo tanto, para que un determinado cultivo evolucione de forma óptima y utilice a la vez el agua eficientemente, es necesario conocer de manera bastante precisa cuál es el consumo de agua en cada fase del desarrollo y así saber qué cantidad aplicar con un riego.

Las relaciones entre el clima, la planta, el suelo y el riego se pueden explicar de la siguiente manera:

**Radiación.** A mayor radiación o luminosidad mayor evaporación, por lo tanto, los riegos deben ser más frecuentes.

**Viento.** A mayor velocidad del viento, el suelo se seca más rápido y las plantas transpiran más, requiriendo riegos más frecuentes.

**Temperatura.** En los días calurosos, las plantas transpiran más y los riegos deben ser más frecuentes.

**Humedad del aire.** Mientras más seco es el aire, las plantas pierden más agua y los riegos deben ser más frecuentes.

**Precipitaciones.** Influyen directamente en la cantidad de agua que necesitan las plantas. Para los efectos de riego, un criterio práctico menciona que son útiles sólo las lluvias sobre 15 mm. Es decir, si cae una lluvia de 20 mm, se considera como riego sólo 5 mm.

## **5.2. EL RIEGO POR ASPERSIÓN**

El riego por aspersión es un método de riego mecanizado o presurizado, ya que necesita de mecanismos que generan presión para mover el agua. Este es un sistema de riego en el que el agua, se aplica en forma de lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo de que se infiltre en el mismo punto donde cae. Para ello es necesaria una red de distribución que permita que el agua de riego llegue con presión suficiente a los elementos encargados de aplicar el agua (aspersores o difusores) (Cerde & Doña, 2013).

Los sistemas de riego por aspersión se adaptan bastante bien a topografías ligeramente accidentadas, tanto con las tradicionales redes de tuberías como con las máquinas de riego. El consumo de agua es moderado y la eficiencia de uso bastante aceptable. Sin embargo, la aplicación del agua en forma de lluvia está bastante condicionada a las condiciones climáticas que se produzcan, en particular al viento, y a la aridez del clima, ya que, si las gotas generadas son muy pequeñas, en particular el viento, y a la aridez del clima (las gotas podrían desaparecer antes de tocar el suelo por la evaporación).

Son especialmente útiles para aplicar riegos relativamente ligeros con los que se pretende aportar algo de humedad al suelo en el periodo de nacencia o para aplicar riegos de socorro. También es muy indicado para efectuar el lavado de sales cuando sea necesario y se prestan a la aplicación de determinados productos fitosanitarios o abonos disueltos en el agua de riego, aunque no se puede considerar que sea una aplicación habitual.



La aspersión se obtiene al impulsar el agua a presión a través de pequeños orificios o boquillas. Generalmente la presión se obtiene por bombeo del agua, aunque puede lograrse por gravedad si la fuente de abasto es bastante elevada con relación al área regada (Figura 1).

El agua puede aplicarse uniformemente, a un gasto calculado según la capacidad de absorción del suelo, si se tiene cuidado en la selección de las boquillas, el caudal, la presión necesaria y el espaciamiento adecuado de los aspersores, se elimina de esa manera el escurrimiento y el daño resultante al suelo y los cultivos y se logra una adecuada distribución en el reparto del agua.

El riego por aspersión puede adaptarse a la mayor parte de las condiciones climáticas donde la agricultura de regadío es posible; sin embargo, en algunas regiones se presentan problemas debido a temperaturas extremadamente altas y a la considerable velocidad del viento, donde estas condiciones hacen difícil lograr una buena uniformidad y adecuada eficiencia de aplicación del agua.

El uso del método de aspersión también es objetable cuando el agua para riego contiene grandes cantidades de sales solubles, aunque existen formas de atenuar el efecto de las sales sobre el follaje.

**Figura 1. Aspersores de impacto de bronce y plástico.**



**Fuente:** (VYR S.A., 2019).

### **5.2.1. Ventajas**

- Se pueden aplicar gastos pequeños o grandes.
- Se puede regar en terrenos muy permeables (más de 30 mm/h) o muy impermeables, e incluso a terrenos con características heterogéneas.
- No necesita de nivelación, adaptándose a topografías onduladas. Esto permite conservar la fertilidad natural del suelo.
- Se adapta a la rotación de cultivos y a los riegos de auxilio. En la rotación de cultivos es posible si el dimensionamiento se realiza para el cultivo más exigente, ya que la cantidad de agua a aplicar solo es función del tiempo por postura una vez dimensionada la instalación. Par los riegos de auxilio se emplean los móviles o semifijos.
- Dosifica de forma rigurosa los riegos ligeros, esto para el ahorro de agua, se recomienda de riegos inferiores de 40 mm. En este caso los semifijos requieren mucha más mano de obra.
- Pueden conseguirse altos grados de automatización.
- En algunos casos permite la aplicación de fertilizantes y tratamientos fitosanitarios.
- Se puede aumentar la superficie de riego, evitando la construcción de canales.

### **5.2.2. Desventajas.**

- El posible efecto de la aspersión sobre plagas y enfermedades.
- Puede originar problemas de sanidad en la parte aérea del cultivo cuando se usan aguas salinas.
- Mala uniformidad en riego por acción y efecto del viento.
- Altas inversiones iniciales, elevados costos de mantenimiento y funcionamiento.
- Necesidad de una adecuada calidad de agua utilizada.
- Gastan más energía, con lo cual se incrementan los costos.

### **5.2.3. Diseño agronómico**

El diseño agronómico tiene por finalidad que la instalación sea capaz de suministrar la cantidad suficiente de agua, con un control efectivo de las sales y una buena eficiencia en la aplicación del agua. Se desarrolla en dos fases:

- Cálculo de las necesidades de agua
- Determinación de los parámetros de riego: dosis, frecuencia e intervalo entre riegos, caudal necesario, duración del riego, número de emisores y disposiciones de los mismos.

### **5.2.4. Diseño hidráulico**

El diseño hidráulico tiene por finalidad el cálculo de las dimensiones de la red de distribución y de la optimización del trazado de la misma, de forma que se pueda aplicar el agua suficiente para los cultivos durante cualquiera de sus formas de desarrollo; otro objeto es conseguir que la aplicación del agua en forma de lluvia sobre el suelo sea suficientemente uniforme. Con todo ello se obtendrán buenas producciones con el menor gasto de agua.

## **5.3. RIEGO POR MICROASPERSIÓN**

Con este sistema de riego localizado, el agua se aplica en forma de lluvia muy fina, mojando mayormente las zonas del suelo en las que se encuentra la mayor parte de las raíces de las plantas, permitiendo un mayor control, ahorro y eficiencia de aplicación de este recurso. Están indicados tanto para cultivos leñosos como para cultivos herbáceos de distinto marco de plantación.

### **5.3.1. Microaspersores**

Son emisores que distribuyen el agua al suelo en lluvia fina sin llegar a humedecer toda la superficie del cultivo. Poseen un elemento giratorio que hace que el agua se distribuya de forma circular con radios de alcance entre 3 y 4 m, y con caudales inferiores a los 200 l/h, y suelen trabajar a presiones comprendidas entre 10 y 20 m.c.a (entorno a los 2 kg/cm<sup>2</sup>).

Los Microaspersores más difundidos son los de bailarina, que permiten intercambiar las piezas móviles para adaptarlas a las condiciones requeridas por el cultivo en cuestión. Se pinchan directamente a la tubería o bien se conectan mediante un microtubo. Para obtener mayores alcances del chorro de agua, suelen colocarse en estacas de sujeción a varios centímetros sobre el suelo (Figura 2).

### **5.3.2. Ventajas**

- Permite un ahorro importante de agua con respecto a otros métodos (aspersión y superficie).
- Posibilita la siembra oportuna de los cultivos y se adapta a todas las etapas de desarrollo de los frutales.
- Reduce la cantidad de mano de obra y el costo de movimiento de tierras.
- Permite obtener mayores productividades y más ingresos económicos.
- Disminuye el proceso erosivo del suelo mediante la buena selección del Micro aspersor.
- Se adecua para utilizar fertirrigación.
- Necesita menor filtrado que el goteo.
- Aplicación de agua con alta eficiencia, alrededor del 90 %.
- Comparado con el riego por aspersión se utilizan presiones de trabajo bajas, entre 1,5 a 2 atmósferas.
- Permite el cultivo en terrenos arenosos y con gran capacidad de filtración.

### 5.3.3. Desventajas

- Necesita que el emisor se encuentre siempre en posición vertical para funcionar eficientemente.
- Es afectado por pisoteo del personal en épocas de cosecha.
- Mayor costo de instalación.
- El viento puede influir en la uniformidad de riego.

**Figura 2. Microaspersor.**



**Fuente** (VYR S.A., 2019)

### 5.3.4. Diseño agronómico

Consiste en la determinación de las necesidades hídricas de la planta en períodos de máxima demanda en dependencia de los factores edafoclimáticos y propios del cultivo; con la finalidad de realizar el cálculo de la capacidad total del sistema de riego (Gasto Total), la elección del emisor según sus características técnicas, la localización y características de los mismos dentro de la parcela, su gasto y tiempo de aplicación.

### 5.3.5. Diseño hidráulico

Consiste en el dimensionamiento de los componentes del sistema y en la determinación de las variables hidráulicas (presión, pérdidas de carga, caudal, etc.) de la red de distribución; disminuyendo las pérdidas de agua y maximizando las eficiencias de conducción, distribución y aplicación en todo el sistema de riego, en función de las necesidades hídricas máximas del cultivo y de los demás parámetros del diseño agronómico.

#### 5.4. RIEGO POR GOTEO (GOTERO DE BOTON)

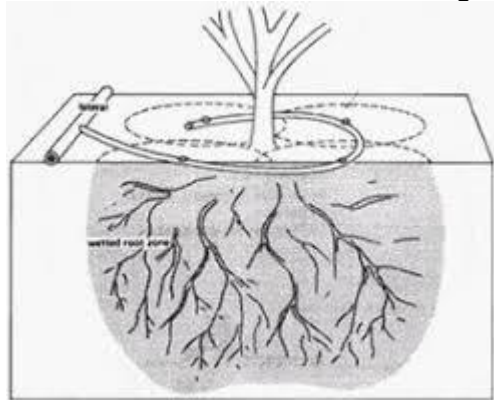
El riego por goteo es un sistema que proporciona agua filtrada y fertilizantes directamente sobre el suelo al lado de la planta; permite que el agua, liberada a baja presión en el punto de emisión, moje el perfil del suelo en una forma predeterminada.

El agua de riego es transportada a través de una extensa red de cañerías o tubería plástica hasta cada planta; la estructura que emite el agua fuera de la red hidráulica se denomina emisor o gotero. Los emisores disipan la presión que existe en la red de tubería por medio de un orificio de pequeño diámetro, o por medio de un largo camino de recorrido (laberinto); de esta forma disminuye la presión del agua y permite descargar desde el sistema hacia el suelo solamente unos pocos litros por hora por cada gotero. Después de dejar el emisor, el agua es distribuida en el interior del perfil del suelo.

##### 5.4.1. Modelos de humedecimiento del suelo en el riego por goteo

Cuando los goteros aplican el agua, esta se infiltra y va formando en el interior del suelo un humedecimiento en forma de cebolla, al cual se le llama “bulbo húmedo” (Figura 3). Este bulbo presenta un diámetro pequeño en la superficie del suelo, pero se ensancha adquiriendo su máximo diámetro a una profundidad de 30 cm aproximadamente.

**Figura 3. Forma de humedecimiento de riego por goteo.**



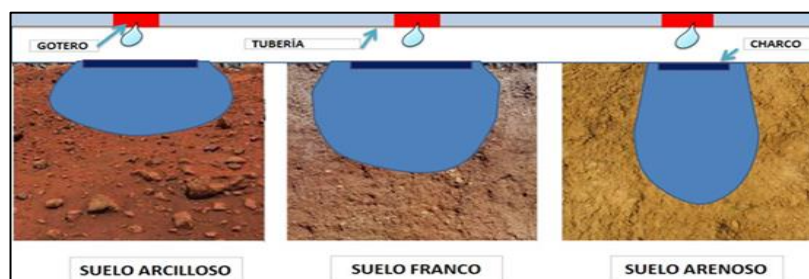
**Fuente:** (monografias.com, 2019)

En la superficie del suelo, la parte humedecida por un gotero se une con la de otro después de algún tiempo de riego y forma una franja húmeda a lo largo de la hilera de plantas.

La forma del bulbo está condicionada en gran parte por el tipo de suelo. En los suelos pesados (de textura arcillosa), la velocidad de infiltración es menor que en los suelos ligeros (de textura arenosa), lo que hace que el charco sea mayor y el bulbo se extienda más horizontalmente que en profundidad.

Si se aplica la misma cantidad de agua en tres suelos con texturas diferentes, la forma del bulbo variará aproximadamente como se muestra en la Figura 4.

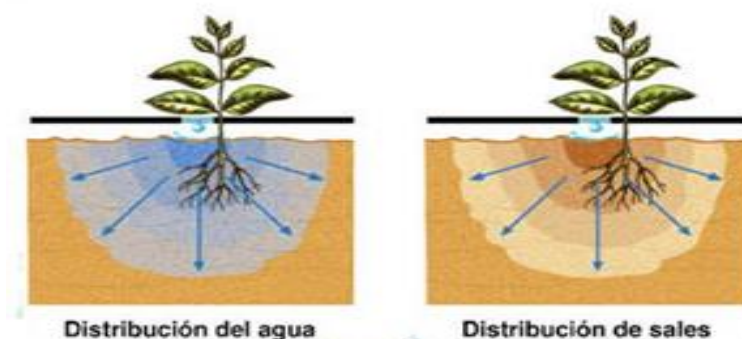
**Figura 4. Humedad del bulbo según el tipo de suelo.**



**Fuente** (*El Jardín de la Alegría*, 2019)

El humedecimiento varía dentro del bulbo desde el punto más elevado de humedad que se presenta en el sitio de aplicación de la gota de agua y disminuye hacia el perímetro del bulbo. Por su parte, la salinidad tiende a concentrarse en las zonas de mayor tensión de humedad (cercanos al perímetro del bulbo). El agua en su movimiento de las zonas de menor tensión de humedad a las zonas de mayor tensión, arrastran las sales hasta ubicarlas fuera de las zonas de raíces (Figura 5).

**Figura 5. Distribución del agua y de las sales en el bulbo húmedo.**



**Fuente:** (elriego.com, 2019).

#### **5.4.2. Ventajas**

El riego por goteo ofrece beneficios potenciales en el uso eficiente del agua, en la respuesta de las plantas, en el manejo del cultivo y en los rendimientos agronómicos de este. Estos beneficios no son exclusivos del sistema de riego por goteo, ya que otros sistemas de riego pueden producir beneficios similares.

Ventajas en el uso eficiente del agua de riego: En el riego por goteo las pérdidas directas por evaporación se llevan a un mínimo: no existe movimiento de gota a través del aire, no hay humedecimiento del follaje de las plantas y no hay evaporación desde la superficie del suelo, fuera de aquella mojada al lado del gotero o del emisor; además el riego por goteo limita el crecimiento de las malezas y su consumo no beneficioso del agua. Un sistema de riego por goteo bien diseñado y bien manejado no produce pérdidas por escurrimiento superficial. Por otra parte, se puede regar un área hasta los bordes, sin que queden zonas mojadas fuera del área plantada o zonas sin mojarse. También puede lograrse un ahorro de agua, ya que es posible aplicar cargas de agua muy precisas durante cada riego.

Ventajas del tipo agronómico: Permite un ahorro considerable de agua, debido a la reducción de la evapotranspiración y de las pérdidas de agua en las conducciones y durante la aplicación. Debido también a la alta uniformidad de riego, todas las plantas crecen uniformemente, ya que reciben volúmenes iguales de agua, siempre



que el sistema esté bien diseñado y mantenido. Nos da también la posibilidad de medir y controlar la cantidad de agua aportada, incluso de automatizar el riego.

Ventaja de tipo económico: El sistema de riego por goteo reduce un consumo del agua en un 60%. Se reduce la mano de obra necesaria para el manejo del riego y la aplicación de los fertilizantes, ya que este sistema permítela aplicación de fertilizantes a través del riego, es decir disueltos en agua, pudiendo de esta manera realizar dos operaciones al mismo tiempo (riego y fertilización).

#### **5.4.3. Desventajas**

El costo elevado de la instalación. Se necesita una inversión elevada debida a la cantidad importante de emisores, tuberías, equipamientos especiales en el cabezal de riego y la casi necesidad de un sistema de control automatizado (electroválvulas). Sin embargo, el aumento relativo de coste con respecto a un sistema convencional no es prohibitivo.

El alto riesgo de obturación (“clogging” en inglés) de los emisores, y el consiguiente efecto sobre la uniformidad del riego. Esto puede ser considerado como el principal problema en riego por goteo. Por ello en este sistema de riego es muy importante el sistema de filtración implantado, que dependerá de las características del agua utilizada.

De hecho, hay sistemas que funcionan con aguas residuales y aguas grises.

La presencia de altas concentraciones de sales alrededor de las zonas regadas, debida a la acumulación de las sales. Esto puede constituir un inconveniente importante para la plantación siguiente, si las lluvias no son suficientes para lavar el suelo.

Un inconveniente muy importante de este sistema tan particular es el tapado de los orificios, por lo tanto no regarán como se espera.

#### **5.4.4. Diseño agronómico**

Diseño agronómico consiste calcular todos los parámetros necesarios para que el sistema de riego por goteo sea capaz de suministrar con eficiencia el agua a los cultivos en periodo de máximas necesidades, es decir, se calcula la cantidad de agua que necesita el cultivo para su desarrollo normal sin sufrir un déficit hídrico, así como el agua necesaria para el manejo efectivo de sales.

#### **5.4.5. Diseño hidráulico**

Consiste en el dimensionamiento de los componentes del sistema y en la determinación de las variables hidráulicas (presión, pérdidas de carga, caudal, etc.) de la red de distribución; disminuyendo las pérdidas de agua y maximizando las eficiencias de conducción, distribución y aplicación en todo el sistema de riego, en función de las necesidades hídricas máximas del cultivo y de los demás parámetros del diseño agronómico.

### **5.5. SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO CON CINTA**

El sistema de riego por goteo con cinta utiliza una manguera central de 1" de donde salen los ramales con manguera especial de 1/2" y los goteros ya incorporados a distancias específicas según el cultivo a regar.

Esta tecnología está diseñada para hacer llegar el agua a las raíces de la planta a través de una cinta con goteros integrados, la que puede ser utilizada en riegos de

alivio para concluir ciclos productivos, para riegos de verano o en cualquier período del año (PASOLAC/PROSESUR, 2019).

Esta tecnología demanda de agua suficiente y en dependencia del cultivo así será la demanda ya que los cultivos entre más cerca sea la distancia de siembra mayor cantidad de agua demandará, por esta razón en fincas donde la disponibilidad del agua no es mucha, el uso de esta tecnología se verá limitado.

**Figura 6. Cinta de riego por goteo.**



**Fuente:** (Castillo Arnedo Suministros Agrícolas, 2019).

### **5.5.1. Ventajas**

- Se puede implementar en terrenos con alta pendiente sin causar erosión.
- Hay un mejor aprovechamiento del agua por parte de la planta, ya que ésta se deposita donde se necesita.
- La pérdida de agua por evaporación es menor que en otros sistemas.
- Hay poco crecimiento de malezas, pues el agua va al pie de la planta.
- Se disminuye el ataque de plagas y enfermedades causadas por exceso de humedad.
- Disminuye la mano de obra por control de malezas y por manejo de tuberías
- Los materiales son livianos, flexibles y fácil de transportar.
- El agua se aplica directamente a las raíces que es la boca de las plantas.
- Se puede controlar la cantidad de agua que se aplica a las plantas.
- El sistema de riego por goteo permite aplicar fertilizantes diluidos

### **5.5.2. Desventajas**

- La cinta es delicada y delgada lo que le da una vida útil corta.
- Si no se usa agua limpia los goteros pueden obstruirse con facilidad.
- Las cintas ya traen las perforaciones por lo que las distancias de siembras dependen de ellas.

- El costo de establecimiento del sistema puede resultar alto (inversión inicial), más aún si se trata de áreas grandes.
- Se necesita de cierto nivel de conocimientos para el diseño e instalación del sistema. Limita algunas labores culturales como el aporque para no correr el riesgo de dañar la cinta.

### **5.5.3. Diseño agronómico**

Diseño agronómico consiste calcular todos los parámetros necesarios para que el sistema de riego por goteo sea capaz de suministrar con eficiencia el agua a los cultivos en periodo de máximas necesidades, es decir, se calcula la cantidad de agua que necesita el cultivo para su desarrollo normal sin sufrir un déficit hídrico, así como el agua necesaria para el manejo efectivo de sales.

### **5.5.4. Diseño hidráulico**

El diseño hidráulico tiene por finalidad el cálculo de las dimensiones de la red de distribución y de la optimización del trazado de la misma, de forma que se pueda aplicar el agua suficiente para los cultivos durante cualquiera de sus formas de desarrollo; otro objeto es conseguir que la aplicación del agua en forma de lluvia sobre el suelo sea suficientemente uniforme. Con todo ello se obtendrán buenas producciones con el menor gasto de agua.

## 5.6. GENERALIDADES DE LOS CULTIVOS

### 5.6.1. PLÁTANO

**Nombre común:** Plátano

**Nombre científico:** *Musa acuminata* Colla.

**Origen:** El cultivo del plátano tiene su origen en el Sudeste Asiático, entre la India y Malasia.

#### Clima

La temperatura es el factor que más influye en el desarrollo y crecimiento de la platanera.

El rango de temperatura más adecuado para el crecimiento de la planta oscila entre los 18 y 28°C. Cuando las temperaturas alcanzan valores inferiores a 11°C o superiores a 38°C, se produce en la platanera una parada vegetativa. Este cultivo es sensible al viento, sobre todo si son muy fuertes, porque rompe el limbo de las hojas e incluso puede tirar la planta al suelo.

#### Suelos

Los suelos más favorables para el cultivo son los de textura arenosa, pero provistos de arcilla (30-50%) y limo. Deben ser suelos ricos en materia orgánica (> 2,5). Es importante que tengan una buena porosidad y un buen drenaje, para evitar problemas de asfixia radicular. El pH óptimo se sitúa entre 6 y 7. Los terrenos con pH alcalino y alto contenido de carbonato cálcico, provocan fenómenos de clorosis en las plantas, ocasionadas por una deficiencia en hierro.

#### Hojas

Se originan en el punto central de crecimiento o meristemo terminal, situado en la parte superior del rizoma. Al principio, se observa la formación del pecíolo y la nervadura central terminada en filamento, lo que será la vaina posteriormente. La parte de la nervadura se alarga y el borde izquierdo comienza a cubrir el derecho,

**Figura 7. Cultivo del plátano.**



**Fuente:** (La Prensa, 2016).

creciendo en altura y formando los semilimbos. La hoja se forma en el interior del pseudotallo y emerge enrollada en forma de cigarro. Son hojas grandes, verdes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m de largo y hasta 1,5 m de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y un limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro. Cuando son viejas se rompen fácilmente de forma transversal por el azote del viento. De la corona de hojas sale, durante la floración, un escapo pubescente de 5-6 cm de diámetro, terminado por un racimo colgante de 1-2 m de largo. Éste lleva una veintena de brácteas ovales alargadas, agudas, de color rojo púrpura, cubiertas de un polvillo blanco harinoso. De las axilas de estas brácteas nacen a su vez las flores.

### **Flores**

Flores amarillentas, irregulares y con seis estambres, de los cuales uno es estéril, reducido a estaminodio petaloideo. El gineceo tiene tres pistilos, con ovario ínfero. El conjunto de la inflorescencia constituye el “régimen” de la platanera. Cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamada “mano”, que contiene de 3 a 20 frutos. Un régimen no puede llevar más de 4 manos, excepto en las variedades muy fructíferas, que pueden contar con 12-14.

### **Fruto**

Baya oblonga. Durante el desarrollo del fruto éstos se doblan geo trópicamente, según el peso de este, determinando esta reacción la forma del racimo. Los plátanos son polimórficos, pudiendo contener de 5-20 manos, cada una con 2-20 frutos, siendo su color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo. Los plátanos comestibles son de partenocarpia vegetativa, o sea, desarrollan una masa de pulpa comestible sin ser necesaria la polinización. Los óvulos se atrofian pronto, pero pueden reconocerse en la pulpa comestible. La partenocarpia y la esterilidad son mecanismos diferentes, debido a cambios genéticos, que cuando menos son parcialmente independientes. La mayoría de los frutos de la familia de las *Musáceas* comestibles son estériles, debido a un complejo de causas, entre

otras, a genes específicos de esterilidad femenina, triploidía y cambios estructurales cromosómicos, en distintos grados.

### **Propagación**

El plátano se propaga principalmente por medio de material vegetativo. El material más utilizado en Canarias es el que procede de “cultivo in vitro”. Se trata de un material de muy buena calidad, libre de plagas y enfermedades. La única desventaja que presenta este método es que si no se realiza adecuadamente puede mostrar problemas de mutaciones.

### **Plantación**

La platanera se cultiva en Canarias principalmente en tres zonas: > 1º zona: Está comprendida entre los 0 y 100 metros sobre el nivel de mar (m.s.n.m). > 2ª zona: de 100 a 200 m.s.n.m. > 3ª zona: de 200 a 300 m.s.n.m. Normalmente, la primera zona es la más productiva. Cuando se va a realizar la plantación, el suelo debe estar bien mullido, suelto y en tempero. Se recomienda realizar esta labor en las horas de menor insolación, es decir, a primera hora de la mañana o bien a última de la tarde. Antes de la plantación, se debe incorporar el estiércol bien descompuesto (2-3 kg/planta) y mezclarlo con la tierra. La planta debe tener una altura de pseudotallo de 45 cm y un grosor de 4 cm aproximadamente. Se debe enterrar dejando unos 5 cm del tallo debajo del nivel del suelo, ya que el crecimiento y la emisión de hijos de fondo hacen que la planta se vaya levantando y quede menos sujeto al suelo. Luego se cubrirá con 5 cm de arena (picón). Una vez plantado se debe regar para que la planta se asiente y seguir regando diariamente durante los primeros 15 días, para favorecer el enraizamiento de la planta. En planta joven se debe vigilar los ataques de lagarta (*Chrysodeixis chalcites*). En Canarias se utilizan diversos marcos de plantación. Tradicionalmente, la distancia entre plantas era aproximadamente de 2 x 2 m, recientemente se está cultivando en líneas sencillas o pareadas. En el primer caso, la separación entre líneas es de 3 m, con distancia entre planta de 1,5 m, en dirección Este – Oeste. En el segundo caso, la separación es de 3 m de pasillo, con 2 m entre líneas contiguas y de 1,8 a 2 m entre plantas, en dirección Norte – Sur.

## **Malas hierbas**

- ✓ Plagas y enfermedades las principales plagas que existen en el cultivo de la platanera en Canarias son:
- ✓ Lagartas o bicho camello (*Chrysodeixis chalcites*, *Spodoptera littoralis*)
- ✓ Pulgón negro (*Pentalonia nigronervosa* Coquerel, *Aphis* spp.)
- ✓ Mosca blanca algodonosa (*Aleurodicus dispersus*, *Lecanoides floccissimus*)
- ✓ Araña roja (*Tetranychus urticae* Koch)
- ✓ Cochinilla algodonosa (*Dysmicoccus grassii* Esper)
- ✓ Lapillas (*Aspidiotus nerii* Bouche)
- ✓ Thrips (*Hercinothrips femoralis*, *Thrips florum*)
- ✓ Taladro (*Opogona sacchari*)
- ✓ Picudo negro de la platanera (*Cosmopolites sordidus* Germar)
- ✓ Nemátodos (*Pratylenchus goodeyi*, *Meloidogyne javanica*, *Helicotylenchus multicinctus*)
- ✓ Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum cubense*)
- ✓ Punta de cigarro (*Verticillium theobromae*)
- ✓ Mancha aceitosa o moteado (*Deightonella torulosa*)
- ✓ Pudrición de la corona o crown rot (producido por varios hongos)

## **Abonado**

Se recomienda realizar previamente un análisis de suelo, para determinar la fertilidad del mismo y elaborar un adecuado plan de fertilización. Es importante aportar materia orgánica, porque además de suministrar nutrientes, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. La platanera es muy exigente principalmente en potasio, debido a que influye en el tamaño y peso del racimo, aunque se debe evitar un exceso de este elemento, porque además de su efecto antagónico sobre la absorción de magnesio, puede provocar una maduración anticipada (antes del desarrollo completo del fruto). El nitrógeno juega un papel importante en el desarrollo de la planta, sin embargo, un exceso de éste produciría plantas de mayor altura, aunque con tallos y frutos más delgados. Las exigencias en fósforo son más bajas, no obstante, su aportación es importante para favorecer el enraizamiento. En el cultivo de la platanera las deficiencias que se manifiestan



con más frecuencia son la de hierro, zinc y manganeso. Por ello, es conveniente la aplicación de microelementos.

### **Necesidades de agua**

Después de la temperatura, el factor más importante en el crecimiento y desarrollo de la planta es el estado hídrico. Las necesidades de agua son bajas, cuando la planta es pequeña, pero se va incrementando su demanda progresivamente durante el periodo anterior a la floración, alcanzando su máximo consumo después de la emergencia del racimo, a partir del cual vuelve a decrecer. El sistema de riego más empleado es el riego por goteo, debido al ahorro de agua que supone. Además, facilita la incorporación de abonos, bioestimulantes y nematicidas. Normalmente, en platanera la disposición de las tuberías terciarias que se utiliza es: en anillos, en simple línea lateral y en doble línea lateral.

### **Programación de riego**

El plátano requiere grandes cantidades de agua y es muy sensible a la sequía, ya que ésta dificulta la salida de las inflorescencias dando como resultado, racimos torcidos y entrenudos muy cortos en el raquis que impiden el enderezamiento de los frutos. La sequía, también produce obstrucción foliar, provocando problemas en el desarrollo de las hojas.

Una humedad apropiada del suelo es esencial para obtener buenas producciones, particularmente durante los meses secos del año, en los que se debe asegurar un riego adecuado. Sin embargo, debe tenerse precaución y no regar en exceso, ya que el plátano es extremadamente susceptible al daño provocado por las inundaciones y a suelos continuamente húmedos o con un drenaje inadecuado.

Los sistemas de riego más empleados son el riego por goteo y por aspersión. En verano, las necesidades hídricas alcanzan aproximadamente unos 100 m<sup>3</sup> de agua por semana y por hectárea y en otoño la mitad. En enero no se riega y en febrero, una sola vez. Los riegos se reducen cuando los frutos están próximos a la madurez.

## **Rendimiento y calidad**

La duración de la plantación es de 6 a 15 años, dependiendo de las condiciones ambientales y de los cuidados del cultivo. La plantita que se colocó sobre el terreno de asiento da únicamente frutos imperfectos y los mejores frutos se obtienen de los vástagos nacidos de su pie, que fructifican a los nueve meses de la plantación. Los frutos se pueden recolectar todo el año y son más o menos abundantes según la estación.

Se cortan cuando han alcanzado su completo desarrollo y cuando empiezan a amarillear y los respectivos ángulos longitudinales han adquirido cierta convexidad. Pero con frecuencia, y especialmente en invierno, se anticipa la recolección y se dejan madurar los frutos suspendiéndolos en un local cerrado, seco y cálido, conservado en la oscuridad. Apenas recogido el fruto, se corta la planta por el pie, dejando los vástagos en la base. Éstos, convenientemente aclarados, fructifican pasados cuatro meses, de modo que en un año se pueden hacer tres recolecciones. En las plantas jóvenes se dejan solamente dos vástagos para tener regímenes muy cargados de fruto y luego, todos los demás años, se dejan cuatro vástagos como máximo, siempre teniendo en cuenta la fertilidad del suelo.

La cantidad de plátanos que se puede cosechar anualmente por hectárea depende del número de chupones fructificantes que se dejan en cada cepa. Un buen rendimiento anual es más o menos de 300 a 350 racimos, pesando cada uno un promedio de 30 a 45 kg.

Los productores de la región tropical húmeda emplean cintas de distintos colores en los racimos para controlar el momento de la cosecha, sino se utilizan, se deben considerar para el corte, aquellos racimos con dedos que den el calibre adecuado según el lugar de destino. Para la cosecha del racimo se hace un corte en el pseudotallo en forma de cruz que permita que el racimo por su propio peso doble el pseudotallo y se pueda sujetar antes de que llegue al suelo. El lado cortado del pinzote se pone hacia atrás sobre la espalda para evitar que los dedos se manchen con el látex que se desprende del corte. Se colocan sobre una superficie acolchada por hojas para que los dedos no se maltraten y se pondrán hojas sobre el racimo

para evitar la quemadura solar. Los plátanos de todas las categorías deben presentar las siguientes características:

- Verdes, sin madurar.
- Enteros.
- Consistentes.
- Sanos, se excluirán los productos atacados por podredumbres o alteraciones que los hagan impropios para el consumo.
- Limpios, exentos de materias extrañas visibles.
- Exentos de daños producidos por parásitos.
- Con el pedúnculo intacto, sin pliegues ni ataques fúngicos y sin desecar.
- Desprovistos de restos florales.
- Exentos de deformaciones y sin curvaturas anormales de los dedos.
- Exentos de magulladuras.
- Exentos de daños causados por temperaturas bajas.
- Exentos de humedad exterior anormal.
- Exentos de olores o sabores extraños.

Además, las manos y manojos deben:

- Soportar el transporte y manipulación.
- Llegar en estado satisfactorio al lugar de destino a fin de alcanzar un grado de madurez apropiado tras la maduración

### 5.6.2. PAPAYA

**Nombre común:** papaya

**Nombre científico:** carica papaya L.

#### Origen

América Central (Sur de México). Actualmente se cultiva en Florida, Hawái, África Oriental Británica, Sudáfrica, Ceilán, India, Islas Canarias, Archipiélago Malayo y Australia.



**Figura 8 Cultivo de papaya**

**Fuente** (Nurserylive, 2019)

Papaya (*Carica papaya* L.) es un cultivo frutícola de regiones tropicales y subtropicales. Se le considera una planta semi-herbácea pero no tiene la estatura típica de una, posee un crecimiento rápido y puede llegar a medir hasta 9 metros, pero en producciones comerciales se mantiene entre 5-6 metros. A nivel mundial la superficie sembrada es de aproximadamente 400 mil hectáreas, de las cuales se producen más de 12 millones de toneladas; la mayor parte de la producción se concentra en Asia y América. El conocimiento de la interacción L de la papaya con factores ambientales como luz, viento, agua y características del suelo, es necesario para maximizar el rendimiento de este cultivo. Estos conocimientos proveen una base científica para el desarrollo de estrategias de mejora. (Equipo Editorial INTAGRI, 2019)

#### Biología de la planta

La papaya posee una fotosíntesis de tipo C3, no tolera temperaturas por debajo de los 10 °C y el rango óptimo para su desarrollo es de 21-33 °C, dentro del cual produce en promedio 2 hojas por semana y de 8 a 16 frutos por mes.

## **Raíz**

El sistema radicular de la planta de papaya es fibroso y de color blanquecino, compuesto de una raíz principal de 0.5 a 1 metro de largo y raíces laterales poco profundas que emergen de las secciones superiores. El tamaño, distribución y orientación varía con las condiciones del suelo.

## **Tallo**

Provee soporte estructural, capacidad de reservas y transportes bidireccionales de agua, nutrientes, compuestos orgánicos, químicos y reguladores de raíces y brotes. Normalmente tienen un diámetro de 10-30 cm en la base y de 5-10 en la corona. En el tallo se encuentran conductos laticíferos (de látex) que actúan cuando se produce una herida liberando esta sustancia que contiene agua, azúcares, minerales, proteínas que incluyen enzimas, mismas que son importantes en la defensa contra insectos y para la formación de tejidos y órganos.

## **Hoja**

Las hojas son palmadas (Figura 3, izquierda) de alrededor de 60 cm<sup>2</sup>, tienen de 5 a 9 lóbulos de distintos anchos (40-60 cm) que se arreglan en espiral, el peciolo crece casi horizontalmente, es hueco y protegido con una endodermis rica en almidón, probablemente importante para reparación de cavidades. La cantidad de estomas en cada hoja que esté en contacto con el sol es de aproximadamente 400 por milímetro cuadrado, lo cual se puede ajustar a condiciones de luz, agua y calor. En general cada hoja madura produce foto asimilada para alrededor de tres frutos.

## **Flor**

Son producidas cerca del tronco, su duración va de 3-4 días, pero su periodo de receptibilidad es desconocido. La cima de las plantas hermafroditas y femeninas soporta un número variable de flores (2-15) mientras que las masculinas producen inflorescencias largas que pueden contener docenas o cientos de flores. Se distinguen principalmente tres tipos de flores:

**Hermafrodita:** también llamada “perfecta” contiene los dos géneros en la misma flor (estambres y pistilo). Normalmente las pequeñas inflorescencias hermafroditas

llevan una o dos -ores perfectas y unas cuantas femeninas estériles. Cuando se somete a estrés la infertilidad de la parte femenina aumenta.

### **Fruto**

El peso del fruto puede variar en rangos de menos de 100 gramos hasta 10 kilogramos en condiciones óptimas. La papaya es un fruto climatérico (su maduración continua después de ser cortada) y empieza en unas cuantas horas después del corte, también es sensible a los daños por frío. La forma también depende del tipo de sexo de la planta, los frutos de una planta hermafrodita tienden a ser largos y circulares o en forma de pera, pero se pueden presentar deformaciones de distintos grados por carpeloidía (transformación de estambres en estructuras similares a carpelos), mientras que los de una planta femenina son más circulares.

### **Disponibilidad de agua**

La planta muestra respuesta estomática y no estomática a la falta de agua del suelo y la fuente de esto es de naturaleza hidráulica y no hidráulica. En estudios se demuestra que existe variabilidad genética en la respuesta al déficit de agua, lo que proporciona pistas sobre los mecanismos de adaptación a la sequía. En severos casos de estrés se reduce el proceso de fotosíntesis y retrasa o incluso evita el restablecimiento del proceso una vez que se riega.

### **Manejo de riego**

Por medio de técnicas como el secado parcial de raíces, en la que se seca una parte del sistema radicular pero otra se mantiene con riego, se aumenta la eficiencia de uso de agua. El riego subterráneo es otra técnica que además incrementa el rendimiento de fruta y la eficiencia de uso de agua más que el riego por goteo. Una medición del flujo de savia en el tronco aseguraría el manejo eficiente en huertos comerciales y provee nuevos procedimientos para medir la respuesta al estrés ambiental. Leer más en: Riego y Nutrición de la Papaya.

### **Factores ambientales en la determinación del género**

Como se mencionó la papaya cuenta con tres tipos de flores: masculinas, femeninas y hermafroditas. Un factor que influye en la expresión del género es la temperatura del aire, por una tendencia natural es producir flores masculinas a altas temperaturas.

### **Compactación del suelo**

En huertas comerciales el uso de maquinaria pesada en suelos mojados resulta en compactación, además las capas de suelo compactadas donde se cultiva la papaya pueden en situaciones graves impedir el crecimiento de la raíz y por consecuencia de la planta. La compactación además reduce el intercambio gaseoso, contenido de clorofila y el crecimiento, en estudios se comprueba que la restricción del crecimiento radicular induce naturalmente la senescencia.

### **Propiedades químicas del suelo**

La planta de papaya es sensible a la baja disponibilidad de oxígeno en el suelo, normalmente causada por inundación, por lo tanto, un suelo bien drenado es esencial para obtener buenos rendimientos. El pH generalmente no es un factor limitante, la germinación puede ocurrir en un rango de pH de 3 a 9, pero el crecimiento es mejor en suelos neutros (pH 6 a 7) debido a la disponibilidad de los nutrientes. La papaya es medianamente tolerante a los niveles de salinidad, pero puede presentar efectos negativos en la planta por encima de 3 dS/m.

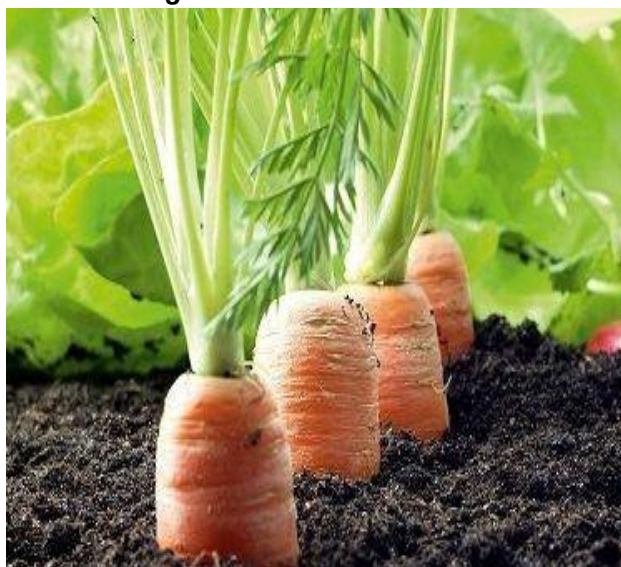
### 5.6.3 ZANAHORIA

**Nombre común:** zanahoria

**Nombre científico:** *Daucus carota* L.

#### Origen

La zanahoria es una especie originaria del centro asiático y del mediterráneo. Ha sido cultivada y consumida desde antiguo por griegos y romanos. Durante los primeros años de su cultivo, las raíces de la zanahoria eran de color violáceo. El cambio de éstas a su actual color naranja se debe a las selecciones ocurridas a mediados de 1700 en Holanda, que aportó una gran cantidad de caroteno, el pigmento causante del color y que han sido base del material vegetal actual. (Infoagro, 2019)



**Figura 9 Cultivo de zanahoria**

**Fuente** (LEROYMERLIN, 2019)

Es una de las hortalizas más coloridas en el mundo. La zanahoria puede consumirse cruda al natural, pero también se emplea para la preparación de ensaladas, sopas, jugos y postres.

#### Biología de la planta

Bianual. Durante el primer año se forma una roseta de pocas hojas y la raíz. Después de un período de descanso, se presenta un tallo corto en el que se forman las flores durante la segunda estación de crecimiento.

#### Raíz

Raíz napiforme, de forma y color variables. Tiene función almacenadora, y también presenta numerosas raíces secundarias que sirven como órganos de absorción. Al realizar un corte transversal se distinguen dos zonas bien definidas: una exterior,



constituida principalmente por el floema secundario y otra exterior formada por el xilema y la médula. Las zanahorias más aceptadas son las que presentan gran proporción de corteza exterior, ya que el xilema es generalmente leñosos y sin sabor.

### **Flores**

De color blanco, con largas brácteas en su base, agrupadas en inflorescencias en umbela compuesta.

### **Fruto**

Diaquenio soldado por su cara plana.

### **Temperatura**

Es una planta bastante rústica, aunque tiene preferencia por los climas templados. Al tratarse de una planta bianual, durante el primer año es aprovechada por sus raíces y durante el segundo año, inducida por las bajas temperaturas, inicia las fases de floración y fructificación. La temperatura mínima de crecimiento está en torno a los 9°C y un óptimo en torno a 16-18°C. Soporta heladas ligeras; en reposo las raíces no se ven afectadas hasta -5°C lo que permite su conservación en el terreno. Las temperaturas elevadas (más de 28°C) provocan una aceleración en los procesos de envejecimiento de la raíz, pérdida de coloración, etc.

### **Suelo**

Prefiere los suelos arcillo-calizos, aireados y frescos, ricos en materia orgánica bien descompuesta y en potasio, con pH comprendido entre 5,8 y 7. Los terrenos compactos y pesados originan raíces fibrosas, de menor peso, calibre y longitud, incrementándose además el riesgo de podredumbres. Los suelos pedregosos originan raíces deformes o bifurcadas y los suelos con excesivos residuos orgánicos dan lugar a raíces acorchadas.

La zanahoria es muy exigente en suelo, por tanto, no conviene repetir el cultivo al menos en 4-5 años. Como cultivos precedentes habituales están los cereales, patata o girasol. Aunque los cereales pueden favorecer la enfermedad del picado; como cultivos precedentes indeseables otras umbelíferas como por ejemplo el apio. Son recomendables como cultivos precedentes el tomate, el puerro y la cebolla.

### **Preparación del terreno**

La preparación del terreno suele consistir en una labor profunda (subsolado o vertedera), seguida de una labor más superficial de gradeo o cultivador. El lecho de siembra se prepara con una labor de roto cultivador y un conformador adaptado dependiendo si el cultivo se realiza en llano, surcos o meseta. Normalmente suelen utilizarse mesetas de 1.5 m. y cuatro bandas de siembra.

### **Siembra**

Se realiza prácticamente durante todo el año. Si la siembra se realiza a voleo, se emplearán por área unos 80 g de semilla, quedando la distancia definitiva entre plantas de 15 x 20 cm, lo que hace suponer que si se quedan a distancias inferiores tendrá que procederse al aclareo de plantas. La semilla deberá quedar a una profundidad de unos 5 mm.

Normalmente la siembra se realiza con sembradora neumática y semilla desnuda o calibrada en bandas, a una dosis que oscila entre 1.8-2.3 millones de semillas por hectárea.

### **Riego**

El método más usado es el riego por gravedad, utilizando el sistema de surcos rectos o al contorno. Si fuese por aspersión, el riego debe mantenerse uniforme en toda la superficie de la cama, que es requisito indispensable para la buena germinación de la semilla. Se aconseja el uso de aspersores de presión baja. Hay tres períodos críticos para el riego en el cultivo de zanahoria:

- ✓ Plantación del cultivo: período que va desde la emergencia hasta que las plantas emiten las dos primeras hojas verdaderas.
- ✓ Desarrollo de las hojas y la elongación de la raíz: las necesidades de agua crecen paralelamente al desarrollo del sistema foliar
- ✓ Engrosamiento de la raíz: el aumento de peso es muy rápido y se gana o se pierde el rendimiento del cultivo. Es la fase de la raíz del caroteno, adquiere la fuerte coloración anaranjada.

### 5.6.3. RABANO

**Nombre común:** rábano

**Nombre científico:** *Raphanus sativus* L.

#### Origen

El origen de los rábanos no se ha determinado de forma concluyente; aunque parece ser que las variedades de rábanos de pequeño tamaño se originaron en la región mediterránea, mientras que los grandes rábanos pudieron originarse en Japón o China.

En inscripciones encontradas en pirámides egipcias, datadas 2.000 años a.C.; ya se hacía referencia a su uso culinario. (Infoagro, 2019)

#### Raíz

Raíz gruesa, carnosa, muy variable en cuanto a la forma y al tamaño, de piel roja, rosada, blanca, pardo-oscuro o manchada de diversos colores.

*Figura 10 Cultivo de rábano*



**Fuente** (Bashny, 2019)

## **Tallo**

Breve antes de la floración, con una roseta de hojas. Posteriormente, cuando florece la planta, se alarga alcanzando una altura de 0,50 a 1 m, de color glauco y algo pubescente.

## **Hojas**

Basales, pecioladas, glabras o con unos pocos pelos hirsutos, de lámina lobulada o pinnatipartida, con 1-3 pares de segmentos laterales de borde irregularmente dentado; el segmento terminal es orbicular y más grande que los laterales; hojas caulinas escasas, pequeñas, oblongas, glaucas, algo pubescentes, menos lobuladas y dentadas que las basales.

## **Flores**

Dispuestas sobre pedicelos delgados, ascendentes, en racimos grandes y abiertos; sépalos erguidos; pétalos casi siempre blancos, a veces rosados o amarillentos, con nervios violáceos o púrpura; 6 estambres libres; estilo delgado con un estigma ligeramente lobulado.

## **Fruto**

Silícula de 3-10 cm de longitud, esponjoso, indehiscente, con un pico largo. Semillas globosas o casi globosas, rosadas o castaño-claras, con un tinte amarillento; cada fruto contiene de 1 a 10 semillas incluidas en un tejido esponjoso.

## **Preparación del terreno**

En primer lugar, se realiza una labor profunda con volteo de la tierra (vertedera), siguiendo con una grada de disco y la aportación del abonado de fondo. A continuación, se hacen caballones (acaballonadora) preparando unas bancadas de aproximadamente 1,80 m de ancho.

## Siembra

La semilla conservada en buenas condiciones mantiene su viabilidad durante seis años. Se siembra de asiento, preferentemente en otoño, primavera e invierno. La semilla de rabanito generalmente se esparce a voleo a razón de 12 kg de semilla por hectárea. En cambio, los rábanos se suelen sembrar en líneas a 50 cm, empleando unos 8 kg por hectárea.

Cuando se cultivan rabanitos es frecuente que, dado su rápido crecimiento, se hagan asociaciones, intercalando otras hortalizas de ciclo más largo, tales como zanahoria, remolacha, etc.

## Labores

Se realizarán 1 o 2 escardas y un ligero aporcado si las plantas están en línea.

A los 15 o 20 días de la siembra es conveniente aclarar las plantas, dejando los rabanitos distanciados a 5 cm y los rábanos a 10 cm.

### 5.6.4. CEBOLLA

**Nombre común:** cebolla

**Nombre científico:** *Allium cepa* L.

#### Origen

El origen primario de la cebolla se localiza en Asia central, y como centro secundario el Mediterráneo, pues se trata de una de las hortalizas de consumo más antigua. Las primeras referencias se remontan hacia 3.200 a.C. pues fue muy cultivada por los egipcios, griegos y romanos. Durante la Edad

Media su cultivo se desarrolló en los países mediterráneos, donde se seleccionaron las variedades de bulbo grande, que dieron origen a las variedades modernas.

**Figura 11** Cultivo de cebolla



**Fuente** (hidroponia, 2019)

**Raíz**

Es fasciculado, corto y poco ramificado; siendo las raíces blancas, espesas y simples.

**Tallo**

El tallo que sostiene la inflorescencia es derecho, de 80 a 150 cm de altura, hueco, con inflamamiento ventrudo en su mitad inferior.

**Hojas**

Envainadoras, alargadas, fistulosas y puntiagudas en su parte libre.

**Flores**

Hermafroditas, pequeñas, verdosas, blancas o violáceas, que se agrupan en umbelas.

**Fruto**

Es una cápsula con tres caras, de ángulos redondeados, que contienen las semillas, las cuales son de color negro, angulosas, aplastadas y de superficie rugosa.

**Preparación del terreno**

La profundidad de la labor preparatoria varía según la naturaleza del terreno. En suelos compactos la profundidad es mayor que en los sueltos, en los que se realiza una labor de vertedera, sin ser demasiado profunda (30-35 cm.), por la corta longitud de las raíces. Hasta la siembra o plantación se completa con los pases de grada de discos necesarios, normalmente con 1-2, seguido de un pase de rulo o tabla, para conseguir finalmente un suelo de estructura fina y firme. Si el cultivo se realiza sobre caballones, éstos se disponen a una distancia de 40 cm., siendo este sistema poco utilizado actualmente.

## **Siembra y trasplante**

La siembra de la cebolla puede hacerse de forma directa o en semillero para posterior trasplante, siendo esta última la más empleada. La cantidad de semilla necesaria es muy variable (4 g/m<sup>2</sup>), normalmente se realiza a voleo y excepcionalmente a chorrillo, recubriendo la semilla con una capa de mantillo de 3-4 cm. de espesor. La época de siembra varía según la variedad y el ciclo de cultivo. A los tres o cuatro meses se procede al trasplante; obteniéndose aproximadamente unas 1.000 plantas/m<sup>2</sup> de semillero, es importante que el semillero esté limpio de malas hierbas, debido al crecimiento lento de las plantas de cebolla y su escaso grosor. La plantación se puede realizar a mano o con trasplantadora; en el primer caso se utilizará una azadilla, colocando una planta por golpe. Se dejará 10-12 cm entre líneas y 10-12 cm entre plantas dentro de la misma línea. distanciados entre sí 50-60 cm, sobre los que se disponen dos líneas de plantas distanciadas a 30-35 cm y 10-15 cm entre plantas. También se realiza la plantación en caballones y apretando la tierra para favorecer el arraigo. Seguidamente se dará un riego, repitiéndolo a los 8-10 días.

## **Escardas**

La limpieza de malas hierbas es imprescindible para obtener una buena cosecha., pues se establece una fuerte competencia con el cultivo, debido principalmente al corto sistema radicular de la cebolla. Se realizarán repetidas escardas con objeto de airear el terreno, interrumpir la capilaridad y eliminar malas hierbas. La primera se realiza apenas las plantitas han alcanzado los 10 cm de altura y el resto, cuando sea necesario y siempre antes de que las malas hierbas invadan el terreno.

## **Riego**

El primer riego se debe efectuar inmediatamente después de la plantación. Posteriormente los riegos serán indispensables a intervalos de 15-20 días. El número de riegos es mayor para las segundas siembras puesto que su vegetación tiene lugar sobre todo en primavera o verano, mientras que las siembras de fin de verano y otoño se desarrollan durante el invierno y la primavera. El déficit hídrico en

el último período de la vegetación favorece la conservación del bulbo, pero confiere un sabor más acre. Se interrumpirán los riegos de 15 a 30 días antes de la recolección. La aplicación de antitranspirantes suele dar resultados positivos.

#### 5.6.5. AJO

**Nombre común:** ajo

**Nombre científico:** *Allium sativum* L.

#### Origen

El ajo, procedente del centro y sur de Asia desde donde se propagó al área mediterránea y de ahí al resto del mundo, se cultiva desde hace miles de años. Unos 3.000 años a. C., ya se consumía en la India y en Egipto.

*Figura 12 cultivo de ajo*



**Fuente 1** (*El Cuco*, 2019)

A finales del siglo XV los españoles introdujeron el ajo en el continente americano.

#### Raíz

Raíz bulbosa, compuesta de 6 a 12 bulbillos (“dientes de ajo”), reunidos en su base por medio de una película delgada, formando lo que se conoce como “cabeza de ajos”. Cada bulbillo se encuentra envuelto por una túnica blanca, a veces algo rojizo, membranoso, transparente y muy delgado, semejante a las que cubren todo el bulbo. De la parte superior del bulbo nacen las partes fibrosas, que se introducen en la tierra para alimentar y anclar la planta.

#### Tallo

Son fuertes, de crecimiento determinado cuando se trata de tallos rastreros que dan a la planta un porte abierto, o de crecimiento indeterminado cuando son erguidos y



erectos, pudiendo alcanzar hasta 2-3 metros de altura. Dependiendo del marco de plantación, se suelen dejar de 2 a 4 tallos por planta. Los tallos secundarios brotan de las axilas de las hojas.

### **Hojas**

Radicales, largas, alternas, comprimidas y sin nervios aparentes.

### **Flores**

Se encuentran contenidas en una espata membranosa que se abre longitudinalmente en el momento de la floración y permanece marchita debajo de las flores. Se agrupan en umbelas. Cada flor presenta 6 pétalos blancos, 6 estambres y un pistilo.

Aunque se han identificado clones fértiles, los bajos porcentajes de germinación de las semillas y las plántulas de bajo vigor hacen que el ajo se haya definido como un apomíctico obligado, término que se refiere a su capacidad para producir embriones sin existir fecundación previa.

### **Particularidades del cultivo**

En ningún caso deben plantarse ajos detrás de ajos, cebollas o cualquier especie perteneciente a la familia Liliaceae. Tampoco es recomendable cultivar ajos después de remolacha, alfalfa, guisantes, judías, habas, espinacas, ni después de arrancar una viña o una plantación de frutales.

Los cultivos precedentes al ajo que se consideran más adecuados son: trigo, cebada, colza, patata, lechuga, col y pimiento.

### **Preparación del terreno**

Las labores deben comenzar unos seis meses antes de la plantación, éstas deben dejar el terreno mullido y esponjoso en profundidad. Consistirán en una labor de arado profunda (30-35 cm) seguida de 2 o 3 rastreadas cruzadas. Con esta primera labor se enterrarán los abonos orgánicos.

## **Escardas**

El ajo es un cultivo que por sus características morfológicas cubre poco el terreno y, por tanto, ofrece cierta facilidad al desarrollo de malas hierbas y la evaporación. Es de suma importancia mantener el cultivo limpio de malas hierbas, mediante las escardas oportunas. Se realiza la escarda manual o se aplican uno o varios herbicidas.

## **Riego**

El riego no es necesario y en la mayoría de los casos puede considerarse perjudicial, salvo en inviernos y primaveras muy secas y terrenos muy sueltos.

Los riegos suelen realizarse por aspersión o por gravedad. Las necesidades desde la brotación hasta el inicio de la bulbificación son las menores y suelen estar suficientemente cubiertas por las lluvias. Las necesidades más importantes de agua se producen durante la formación del bulbo.

Durante el periodo de maduración el bulbo, las necesidades de agua van decreciendo, hasta que dos semanas antes de la recolección se hacen nulas.

Niel y Zunino (1974) establecieron las necesidades hídricas del ajo en diferentes zonas de Francia, estableciendo las necesidades globales en unos 2.600 m<sup>3</sup>/ha, a las que hay que descontar las precipitaciones.

#### 5.6.6. CHILTOMA

**Nombre común:** chiltoma

**Nombre científico:** *Capsicum annuum L.*

##### Origen

El pimiento es originario de la zona de Bolivia y Perú, donde además de *Capsicum annuum L.* se cultivaban al menos otras cuatro especies. Fue traído al Viejo Mundo por Colón en su primer viaje (1493). En el siglo XVI ya se había difundido su

cultivo en España, desde donde se distribuyó al resto de Europa y del mundo con la colaboración de los portugueses.

Su introducción en Europa supuso un avance culinario, ya que vino a complementar e incluso sustituir a otro condimento muy empleado como era la pimienta negra (*Piper nigrum L.*), de gran importancia comercial entre Oriente y Occidente.

##### Raíz

Pivotante y profundo (dependiendo de la profundidad y textura del suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 centímetros y 1 metro.

##### Tallo principal

De crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura ("cruz") emite 2 o 3 ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continúa ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente).

*Figure 13 Cultivo de chiltoma*



**Fuente** (NETAFIM, 2019)

## **Hoja**

Entera, lampiña y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde más o menos intenso (dependiendo de la variedad) y brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto.

## **Flor**

Las flores aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas y constan de una corola blanca. La polinización es autógama, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10%.

## **Fruto**

Baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500 gramos. Las semillas se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 milímetros.

## **Suelo**

Los suelos más adecuados para el cultivo del pimiento son los franco-arenosos, profundos, ricos, con un contenido en materia orgánica del 3-4% y principalmente bien drenados.

Los valores de pH óptimos oscilan entre 6,5 y 7 aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5,5); en suelos enarenados puede cultivarse

con valores de pH próximos a 8. En cuanto al agua de riego el pH óptimo es de 5,5 a 7.

Es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, aunque en menor medida que el tomate.

En suelos con antecedentes de *Phytophthora* sp. Es conveniente realizar una desinfección previa a la plantación.

#### 5.6.7. TOMATE

**Nombre común:** tomate

**Nombre científico:**

**Origen**

Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero por entonces ya habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los

españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos. Desde Europa también se difundieron a Estados Unidos y Canadá.

**Figura 14 Cultivo de tomate**



**Fuente** (PREGON AGROPECUARIO, 2019)

#### **Taxonomía y morfología**

El tomate pertenece a la familia Solanaceae, cuyo nombre científico es *Solanum lycopersicum* Familia Solanaceae Género *Solanum* Especie *S. lycopersicum*.

## **Planta**

Perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semirrecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

## **Sistema radicular**

Está formado por la raíz principal (corta y débil), numerosas y potentes raíces secundarias y por las raíces adventicias. Si se seccionara transversalmente la raíz principal desde fuera hasta dentro, se encontraría la epidermis (se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes), el cortex y el cilindro central (se sitúa el xilema, conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes).

## **Tallo principal**

Eje de 2-4cm de grosor en su base, sobre el que se desarrollan las hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. Su estructura, desde fuera hacia dentro, consta de: 1. epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, 2. corteza o cortex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, 3. cilindro vascular y 4. Tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales.

## **Hoja**

Compuesta e imparipinnada con foliolos peciolados, lobulados, con borde dentado y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alterna sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal.

## **Flor**

Perfecta, regular e hipogina con 5 o más sépalos e igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos helicoidalmente a intervalos de  $135^\circ$ . Igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo. El ovario puede ser bi o plurilocular

Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racemoso (dicasio), generalmente de 3 a 10 en variedades comerciales de calibre M y G.

Es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300 flores. La primera flor se forma en la yema apical, y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, la cual se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del cortex. Las inflorescencias se desarrollan en las axilas cada 2-3 hojas.

## **Fruto**

Baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso entre pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpo, el tejido placentario y las semillas.

El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo. También puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto.

## **Importancia económica y distribución geográfica**

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento, y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada.

El tomate en fresco se consume principalmente en ensaladas, cocido o frito. En mucha menor escala se utiliza como encurtido.

## **Requerimientos edafoclimaticos**

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de éstos incide sobre el resto.

### **Temperatura**

Es menos exigente en temperatura que la berenjena y el pimiento.

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20-30°C durante el día y entre 1-17°C durante la noche. Temperaturas superiores a los 30-35°C afectan al fructificación (mal desarrollo de óvulos) y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. Temperaturas inferiores a 12-15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta

A temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12°C, la fecundación es defectuosa o nula.

La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C o superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas.

No obstante, los valores de temperatura descritos son meramente indicativos, debiendo tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos.

### **Humedad**

La humedad relativa óptima oscila entre 60-80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor.



## **Luminosidad**

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de floración y fecundación, así como en el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo, resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad.

## **Suelo**

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelo, excepto en lo relativo al drenaje. Prefiere suelos sueltos de textura silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica. No obstante, se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos enarenados. En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando están enarenados. Es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego.

## **Fertilización carbónica**

La aportación de CO<sub>2</sub> permite compensar el consumo de las plantas y garantiza el mantenimiento de una concentración superior a la media en invernadero. De este modo, se estimula la fotosíntesis y se acelera el crecimiento de las plantas.

Para valorar las necesidades de CO<sub>2</sub> de los cultivos en invernadero se necesita realizar, en los diversos periodos del año, un balance de las pérdidas derivadas de la absorción por parte de las plantas, de las renovaciones de aire hechas en el invernadero y de las aportaciones proporcionadas por el suelo a la atmósfera del mismo. Del enriquecimiento en CO<sub>2</sub> del invernadero depende la calidad, productividad y precocidad de los cultivos. Hay que tener presente que un exceso de CO<sub>2</sub> produce daños debidos al cierre de estomas, lo cual provoca el cese de la fotosíntesis y puede originar quemaduras. Los aparatos más utilizados en la fertilización carbónica son los quemadores de gas propano y los de distribución de CO<sub>2</sub>. En el cultivo del tomate, las cantidades óptimas de CO<sub>2</sub> se encuentran entre 700-800 ppm. En cuanto a los rendimientos netos, proporcionan incrementos del 15-25% en función del tipo de invernadero, el sistema de control climático, etc.

### 5.6.8. BERENJENA

**Nombre común:** berenjena

**Nombre científico:** *Solanum melongena*.

#### **Origen**

La berenjena es originaria de las zonas tropicales y subtropicales asiáticas. Se cultivó desde muy antiguo en la India, Birmania y China. Hacia el año 1.200 ya se cultivaba en Egipto, desde donde fue introducida en la Edad Media a través de la Península Ibérica y Turquía, para posteriormente extenderse por el Mediterráneo y resto de Europa. Fue en el siglo XVII cuando se introdujo en la alimentación, tras ser utilizada en medicina para combatir inflamaciones cutáneas y quemaduras.

#### **Taxonomía y morfología**

**Familia** Solanaceae.

**Especie** *Solanum melongena* L.

#### **Planta**

Es herbácea, aunque sus tallos presentan tejidos lignificados que le dan un aspecto arbustivo y anual, aunque puede rebrotar en un segundo año si se cuida y poda de forma adecuada, con el inconveniente de que la producción se reduce y la calidad de los frutos es menor.

#### **Sistema radicular**

Es muy potente y muy profundo.

#### **Tallos**

Son fuertes, de crecimiento determinado cuando se trata de tallos rastreros que dan a la planta un porte abierto, o de crecimiento indeterminado cuando son erguidos y

**Figura 15. Cultivo de berenjena**



**Fuente** (AGROPRECIOS, 2019)

erectos, pudiendo alcanzar hasta 2-3 metros de altura. Dependiendo del marco de plantación, se suelen dejar de 2 a 4 tallos por planta. Los tallos secundarios brotan de las axilas de las hojas.

### **Hoja**

De largo pecíolo, entera, grande, con nerviaciones que presentan espinas y envés cubierto de una vellosidad grisácea, causante en ocasiones de alergias. Las hojas están insertas de forma alterna en el tallo.

### **Flor**

El número de pétalos, sépalos y estambres oscila entre 6 y 9. Los pétalos son de color violáceo. Tanto el pedúnculo como el cáliz poseen abundantes espinas, aunque actualmente se tiende al cultivo de variedades sin espinas. Los estambres presentan anteras muy desarrolladas de color amarillo que se sitúan por debajo del estigma, dificultando la fecundación directa. El cáliz de la flor perdura después de la fecundación y crece junto al fruto, envolviéndolo por su parte inferior, lo que puede dar lugar a ataques de botritis (*Botrytis cinerea*) cuando la humedad relativa es elevada, ya que los pétalos quedan atrapados entre el cáliz y el fruto.

La mayor parte de las variedades florecen en ramilletes de tres a cinco flores, una de las cuales es hermafrodita y de pedúnculo corto y continuo desde el tallo hasta el cáliz, y da lugar a un fruto comercial, mientras que el resto de las flores abortan o dan lugar a un fruto pequeño y de peor calidad. Normalmente la primera flor aparece en el vértice de la primera bifurcación o tallo principal de la planta. La fecundación de la flor es autógama, aunque también puede haber cruzamiento con flores de otras plantas e incluso de la misma planta. El exceso de humedad perjudica la dehiscencia del polen, por lo que la flor puede caerse como consecuencia de la falta de fecundación.

### **Fruto**

Es una baya alargada o globosa, de color negro, morado, blanco, blanco jaspeado de morado o verde. Presenta pequeñas semillas de color amarillo con un poder

germinativo que oscila entre 4 y 6 años. 1 gramo de semillas contiene entre 250 y 300 unidades.

### **Requerimientos edafoclimaticos**

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

### **Temperatura**

Es un cultivo de climas cálidos y secos, por lo que se considera uno de los más exigentes en calor (más que el tomate y el pimiento). Soporta bien las temperaturas elevadas, siempre que la humedad sea adecuada, llegando a tolerar hasta 40-45°C la temperatura media debe estar comprendida entre 23-25°C.

### **Humedad relativa**

La humedad relativa óptima oscila entre el 50% y el 65%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. Cuando la humedad y la temperatura son elevadas se produce una floración deficiente, caída de flores, frutos deformes y disminución del crecimiento. Efectos similares se producen cuando la humedad relativa es escasa.

Tan importante como el valor de la humedad relativa, es el del déficit de presión de vapor, que depende de la humedad ambiente y la temperatura, siendo conveniente valores comprendidos entre los 4 y los 15 g/m<sup>3</sup>.

### **Luminosidad**

Es una planta muy exigente en luminosidad, requiere de 10 a 12 horas de luz, por lo que en días cortos (otoño-invierno) es necesario aprovechar al máximo las horas de luz para evitar el ahilamiento, malformación de flores y hojas, deficiente fecundación, frutos deformes y pulpa esponjosa, que se agrava en condiciones de humedad relativa superior al 65%.

## **Suelo**

Es poco exigente en suelo, debido a que posee un potente y profundo sistema radicular. No obstante, los suelos más adecuados son los francos y profundos. En suelos arcillosos pueden presentarse problemas de asfixia radicular, mostrando rápidamente los síntomas. Los valores de pH óptimos oscilan entre 6 y 7, aunque en suelos enarenados puede cultivarse con valores de pH comprendidos entre 7 y 8,5. En suelos ácidos presenta problemas de crecimiento y producción.

Es menos resistente a la salinidad del suelo y del agua de riego que el tomate y más que el pimiento, siendo más sensible durante las primeras fases del desarrollo.

## **Fertilización carbónica**

La aportación de CO<sub>2</sub> permite compensar el consumo de las plantas y garantiza el mantenimiento de una concentración superior a la media en la atmósfera del invernadero; así la fotosíntesis se estimula y se acelera el crecimiento de las plantas.

Para valorar las necesidades de CO<sub>2</sub> de los cultivos en invernadero necesitamos realizar, en los diversos periodos del año, un balance de las pérdidas derivadas de la absorción por parte de las plantas, de las renovaciones de aire hechas en el invernadero y las aportaciones proporcionadas por el suelo a la atmósfera del mismo.

Del enriquecimiento en CO<sub>2</sub> del invernadero depende la calidad, la productividad y la precocidad de cultivos. Hay que tener presente que un exceso de CO<sub>2</sub> produce daños debidos al cierre de los estomas, que cesan la fotosíntesis y pueden originar quemaduras.

Los aparatos más utilizados en la fertilización carbónica son los quemadores de gas propano y los de distribución de CO<sub>2</sub>.

En la fertilización carbónica es necesario una humedad relativa no inferior al 65%, luminosidad alrededor de los 30.000 lux y una temperatura comprendida entre los 25 y 30°C.

La aportación de CO<sub>2</sub> en el invernadero a niveles de 400 a 600 ppm produce un aumento en la producción en el cultivo de la berenjena.

### 5.6.9. SANDIA

**Nombre común:** sandia.

**Nombre científico:** *Citrullus lanatus*.

#### Origen

Las sandías se sitúan en África, donde se encuentra muy valorada y es utilizada como fuente de líquido en estaciones secas cuando hay poca disponibilidad de agua. Sin embargo como planta cultivada aparece por primera vez en Egipto hace 5.000 años. Fue precisamente a lo largo de los márgenes del Nilo donde más sandías se cultivaron en la antigüedad.

#### Morfología y taxonomía

**Familia:** *Cucurbitaceae*.

**Nombre científico:** *Citrullus lanatus* (Thunb). Sinónimos: *C. Vulgaris* y *Colocynthis citrullus*.

**Planta** anual herbácea, de porte rastrero o trepador

#### Sistema radicular

Muy ramificado. Raíz principal profunda y raíces secundarias distribuidas superficialmente.

Actualmente este órgano carece de importancia, ya que alrededor del

95 % de la sandía se cultiva injertada sobre patrón de *C. Máxima* x *C. Moschata*, totalmente afín con la sandía. Este híbrido interespecífico se introdujo en la provincia de Almería a mediados de los 80 para resolver los problemas de fusariosis (agente causal *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*), tras comprobar que la introducción de genes de resistencia a esta enfermedad en algunas variedades comerciales no aseguraba una producción normal en suelos muy contaminados. Adicionalmente, dicho patrón ofrece resistencia a *Verticillium* y tolerancia a *Pythium* y Nematodos,

**Figura 16 Cultivo de sandia**



**Fuente** (AGRICULTURERS, 2015)

confiriendo gran vigor a la planta y un potente sistema radicular con raíces suberificadas de gran tamaño.

### **Tallos**

De desarrollo rastrero. En estado de 5-8 hojas bien desarrolladas el tallo principal emite las brotaciones de segundo orden a partir de las axilas de las hojas. En las brotaciones secundarias se inician las terciarias y así sucesivamente, de forma que la planta llega a cubrir 4-5 metros cuadrados. Se trata de tallos herbáceos de color verde, recubiertos de pilosidad que se desarrollan de forma rastrera, pudiendo trepar debido a la presencia de zarcillos bífidos o trifidos, y alcanzando una longitud de hasta 4-6 metros.

### **Hoja**

Peciolada, pinnado-partida, dividida en 3-5 lóbulos que a su vez se dividen en segmentos redondeados, presentando profundas entalladuras que no llegan al nervio principal. El haz es suave al tacto y el envés muy áspero y con nerviaciones muy pronunciadas. El nervio principal se ramifica en nervios secundarios que se subdividen para dirigirse a los últimos segmentos de la hoja, imitando la palma de la mano.

### **Flores**

De color amarillo, solitario, pedunculado y axilar, atrayendo a los insectos por su color, aroma y néctar (flores entomógamas), de forma que la polinización es entomófila. La corola, de simetría regular o actinomorfa, está formada por 5 pétalos unidos en su base. El caliz está constituido por sépalos libres (dialisépalo o corisépalo) de color verde. Existen dos tipos de flores: masculinas o estaminadas y femeninas o pistiladas, coexistiendo los dos sexos en una misma planta, pero en flores distintas (flores unisexuales). Las flores masculinas disponen de 8 estambres que forman 4 grupos soldados por sus filamentos.

Las flores femeninas poseen estambres rudimentarios y un ovario ínfero vellosos y ovoide que se asemeja en su primer estadio a una sandía del tamaño de un hueso

de aceituna (fruto incipiente), por lo que resulta fácil diferenciar entre flores masculinas y femeninas. Estas últimas aparecen tanto en el brote principal como en los secundarios y terciarios, con la primera flor en la axila de la séptima a la décimo primera hoja del brote principal. Existe una correlación entre el número de tubos polínicos germinados y el tamaño del fruto.

## **Fruto**

Baya globosa u oblonga en pepónide formada por 3 carpelos fusionados con receptáculo adherido, que dan origen al pericarpio. El ovario presenta placentación central con numerosos óvulos que darán origen a las semillas. Su peso oscila entre los 2 y los 20 kilogramos. El color de la corteza es variable, pudiendo aparecer uniforme (verde oscuro, verde claro o amarillo) o a franjas de color amarillento, grisáceo o verde claro sobre fondos de diversas tonalidades verdes. La pulpa también presenta diferentes colores (rojo, rosado o amarillo) y las semillas pueden estar ausentes (frutos triploides) o mostrar tamaños y colores variables (negro, marrón o blanco), dependiendo del cultivar.

## **Exigencia de clima y suelo**

### **Exigencias climáticas**

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

### **Temperatura**

La sandía es menos exigente en temperatura que el melón, siendo los cultivares triploides más exigentes que los normales, presentando además mayores problemas de germinabilidad.

Cuando las diferencias de temperatura entre el día y la noche son de 20-30 °C, se originan desequilibrios en las plantas: en algunos casos se abre el cuello y los tallos y el polen producido no es viable.



### Exigencias del suelo

La sandía no es muy exigente en suelos, aunque le van bien los suelos bien drenados, ricos en materia orgánica y fertilizantes. No obstante, la realización de la técnica del enarenado hace que el suelo nos sea un factor limitante para el cultivo de la sandía, ya que una vez implantado se adecuará la fertirrigación al medio.

### 5.6.10 MELÓN

**Nombre común:** melón.

**Nombre científico:** *Cucumis melo*.

#### Origen

No existe un criterio homogéneo en el referente al origen del melón, aunque la mayoría de los autores acepta que el melón tiene un origen africano. Si bien, hay algunos que consideran la India como el centro de domesticación de la especie, ya que es donde mayor variabilidad se encuentra para la misma. Afganistán y China son considerados centros secundarios de diversificación del melón y también en España la diversidad genética es importante.

#### Taxonomía y morfología

**Familia** *Cucurbitaceae*.

**Nombre científico** *Cucumis melo* L.

**Planta** anual herbácea, de porte rastrero o trepador.

**Sistema radicular** abundante, muy ramificado y de rápido desarrollo.

**Tallo principal** están recubiertos de formaciones pilosas, y presentan nudos en los que se desarrollan hojas, zarcillos y flores, brotando nuevos tallos de las axilas de las hojas.

**Figura 17 Cultivo de Melón**



**Fuente** (HYDROENVIRONMENT, 2019)

**Hoja** de limbo orbicular aovado, reniforme o pentagonal, dividido en 3-7 lóbulos con los márgenes dentados. Las hojas también son vellosas por el envés.

### **Flor**

Las flores son solitarias, de color amarillo y pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas. Las masculinas suelen aparecer en primer lugar sobre los entrenudos más bajos, mientras que las femeninas y hermafroditas aparecen más tarde en las ramificaciones de segunda y tercera generación, aunque siempre junto a las masculinas. El nivel de elementos fertilizantes influye en gran medida sobre el número de flores masculinas, femeninas y hermafroditas así como sobre el momento de su aparición. La polinización es entomófila.

**Fruto** su forma es variable (esférica, elíptica, aovada, etc.); la corteza de color verde, amarillo, anaranjado, blanco, etc., puede ser lisa, reticulada o estriada. La pulpa puede ser blanca, amarilla, cremosa, anaranjada, asalmonada o verdosa. La placenta contiene las semillas y puede ser seca, gelatinosa o acuosa, en función de su consistencia. Resulta importante que sea pequeña para que no reste pulpa al fruto y que las semillas estén bien situadas en la misma para que no se muevan durante el transporte.

### **Particularidades del cultivo**

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación de uno de estos incide sobre el resto.

### **Clima**

El planta de melón es de climas cálidos y no excesivamente húmedos, de forma que en regiones húmedas y con escasa insolación su desarrollo se ve afectado negativamente, apareciendo alteraciones en la maduración y calidad de los fruto

## **Humedad**

Al inicio del desarrollo de la planta la humedad relativa debe ser del 65-75%, en floración del 60-70% y en fructificación del 55-65%. La planta de melón necesita bastante agua en el período de crecimiento y durante la maduración de los frutos para obtener buenos rendimientos y calidad.

## **Luminosidad**

La duración de la luminosidad en relación con la temperatura, influye tanto en el crecimiento de la planta como en la inducción floral, fecundación de las flores y ritmo de absorción de elementos nutritivos.

El desarrollo de los tejidos del ovario de la flor está estrechamente influenciado por la temperatura y las horas de iluminación, de forma que días largos y temperaturas elevadas favorecen la formación de flores masculinas, mientras que días cortos con temperaturas bajas inducen el desarrollo de flores con ovarios.

## **Suelo**

La planta de melón no es muy exigente en suelo, pero da mejores resultados en suelos ricos en materia orgánica, profundos, mullidos, bien drenados, con buena aireación y pH comprendido entre 6 y 7. Si es exigente en cuanto a drenaje, ya que los encharcamientos son causantes de asfixia radicular y podredumbres en frutos.

Es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo (CE de 2,2 dS.m<sup>-1</sup>) como del agua de riego (CE de 1,5 dS.m<sup>-1</sup>), aunque cada incremento en una unidad sobre la conductividad del suelo dada supone una reducción del 7,5% de la producción.

Es muy sensible a las carencias, tanto de micro elementos como de macro elementos.

## **Material vegetal**

-Principales criterios de elección son:

- Exigencias de los mercados de destino.
- Características de la variedad comercial: vigor de la planta, características del fruto, resistencias a enfermedades.
- Ciclos de cultivo y alternancia con otros cultivos.

Los tipos de melones más importantes son:

## **Temperatura óptima**

2.2 - 5°C. La vida de almacenamiento es hasta de 21 días a 2.2°C, pero la calidad sensorial puede reducirse. Generalmente, se pueden esperar de 12 a 15 días como vida Poscosecha normal dentro del intervalo óptimo de temperatura. En ocasiones, durante el almacenamiento de corto plazo o el transporte, se aplican temperaturas inferiores, fuera de este intervalo, pero pueden dar lugar a daño por frío después de algunos días.

## **Humedad relativa óptima**

90-95%; la humedad relativa alta es esencial para maximizar la calidad Poscosecha y prevenir la desecación. La pérdida de agua puede ser significativa a través de las áreas dañadas o maltratadas de la redcilla del fruto. Los períodos prolongados en humedades superiores al intervalo óptimo o la condensación puede estimular el crecimiento de mohos en la superficie o en la cicatriz del pedúnculo.

## **5.7. CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS**

Los datos climáticos utilizados fueron tomados de la estación 69115 Masaya, la cual se encuentra a una elevación de 120 msnm y presenta latitud: 11° 58' 48" N y longitud: 86° 06' 18" W, a cargo del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).

### **5.7.1. Clima**

El clima de la zona de estudio está clasificado como tropical sub húmedo, con temperaturas cálidas entre los 25 ° y 28°, precipitación media anual de 1100 a 1600 mm.

### **5.7.2. Viento**

Es una masa de aire en movimiento, la cual tiene una gran importancia en la elaboración del diseño de ciertos sistemas de riego ya que tiene una gran influencia en la eficiencia y uniformidad del sistema.

Los datos de velocidades del viento de la zona en estudio (10 m/seg) fueron suministrados por INETER tomados a través de la estación meteorológica más cercana.

### **5.7.3. Precipitación Pluvial**

La importancia de la precipitación se debe al aporte de humedad que ofrece al suelo, la cual es utilizada por las plantas para su desarrollo

### **5.7.4. Humedad Relativa**

Representa el porcentaje de humedad no saturada existente en el aire. Esta capacidad de saturación es tanto más grande cuanto mayor sea la temperatura de la masa, pues el aire absorbe más vapor cuanto más caliente esta.

### **5.7.5. Temperatura**

La temperatura está directamente relacionada con la intensidad, duración de la radiación solar y tiende a fijar los límites extremos de crecimiento de la planta, juega un papel importante en el desarrollo y crecimiento de un cultivo, las temperaturas optimas oscilan entre 20 – 32°C, las temperaturas debajo de los 20°C retardan el desarrollo fisiológico de la planta, por lo tanto el tiempo entre la emergencia del brote es mayor. Las hojas presentan síntomas cloróticos y mueren prematuramente. A consecuencia de esto la planta pierde turgencia y el crecimiento es lento, los racimos no emergen con vigor y nacen deformes.

Según los datos de temperatura se observa que la temperatura máxima es de 34°C en abril y la temperatura mínima es de 21°C en diciembre. Los vientos máximos son de 5.0 m/s en el mes de febrero. La humedad relativa es un elemento climático que tiene gran influencia en el desarrollo y aparición de enfermedades.

#### **5.7.6. Vientos**

La evaporación de la superficie de agua y en el suelo ocurre más rápidamente cuando hay aire seco y caliente en movimiento, más que cuando existen condiciones de calma, vientos secos y calientes que soplen durante el periodo de crecimiento, afectarán grandemente la cantidad de agua consumida. Sin embargo existe un límite en la cantidad de agua que se puede evaporar, cuando la superficie del terreno se seca, la evaporación prácticamente cesa, y la transpiración se ve limitada a la que las plantas pueden extraer de las raíces.

Otro factor que hace a la planta de maíz susceptible al viento es un sistema radicular superficial. Esta no posee ninguna raíz de anclaje.

#### **5.7.7. Radiación solar**

El efecto de la radiación solar entre la actividad de la planta es un proceso botánico conocido como fotosíntesis. Todos los procesos de la planta, incluyendo la circulación del agua a través de las raíces, tallos y hojas, son acelerados por un incremento de en la radiación solar.

Estudios realizados en el cultivo del maíz, indican que las plantas que crecen con menor intensidad de luz, prolongan su ciclo vegetativo, son más altas y desarrollan mayor área foliar y en la gran mayoría de veces en la parte vegetativa no se desarrollan por lo tanto no producen frutos y si los dan lo hacen muy pequeños.

#### **5.7.8. Evaporación**

Este elemento climático tiende a variar debido a la acción de otros elementos meteorológicos y además por naturaleza de la superficie evaporante, dentro de los

elementos que tiene influencia tenemos la radiación solar, hora del día, nubosidad, temperatura del aire, la presión de vapor, el viento y la estación del año.

Los valores de evaporación donde se tiene el valor mínimo es el mes de octubre, los valores máximos de evaporación corresponden a la estación seca enero, febrero, marzo, abril y mayo, estando la máxima evaporación en el mes de marzo. Invirtiéndose el fenómeno en los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre los cuales pertenecen a la estación lluviosa.

#### **5.7.9. Evapotranspiración**

Es el paso del agua de una superficie líquida a la atmósfera, la cual se convierte en vapor debido a la aireación que sufren sus moléculas y a la incidencia de radiación solar, temperatura, viento, etc.

### **5.8. PROPIEDADES HÍDRICAS DE LOS SUELOS**

El agua se considera una de las tres componentes de suelo, conjuntamente con la parte sólida y gaseosa. Del contenido de humedad del suelo depende la velocidad de erosión de las rocas, la intensidad de los procesos físicos, químicos y biológicos.

La humedad es necesaria para la actividad vital de los microorganismos. Los que son considerados un factor importante para la formación de los suelos.

Es necesario conocer la capacidad del suelo para almacenar agua con el fin de reponer la cantidad extraída. Al regular la cantidad de agua de suelo, es decir al llevar a cabo un mejoramiento hídrico, es posible dirigir con relativa facilidad muchas de sus propiedades.

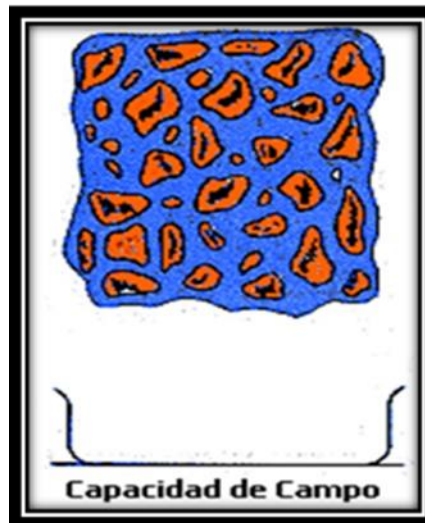
Con respecto a la cantidad de agua almacenada en el suelo se pueden distinguir las siguientes fases:

### 5.8.1. Capacidad de Campo (CC)

Es el contenido de humedad de un suelo, después que el exceso ha sido drenado y la velocidad de descenso disminuida en grado considerable.

Un suelo está a capacidad de campo después de dos o cinco días de aplicado el riego. La capacidad de campo es una constante característica de cada suelo y depende fundamentalmente de la textura, cantidad de materia orgánica y grado de compactación de éste. Si saturamos un suelo, la cantidad de agua que queda retenida en los poros, sin ser arrastrada por el peso de la gravedad, es la Capacidad de Campo o Capacidad de Retención.

Figura 18 Capacidad de campo



Fuente: (SlideShare, 2011)

La capacidad de campo se valora por el porcentaje en volumen de agua existente con respecto al suelo seco.

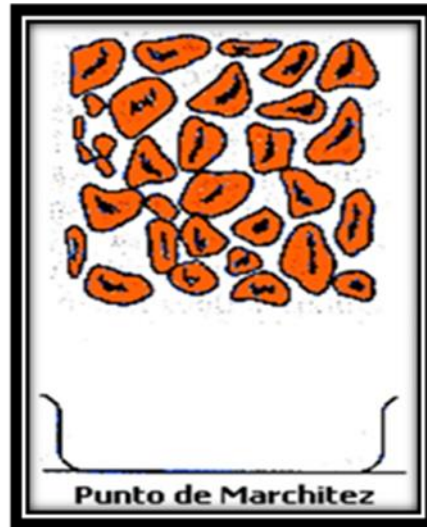
La capacidad de campo representa el contenido de humedad del suelo, cuando el agua que este contiene, deja de fluir por gravedad, cuando este fenómeno ocurre, el agua libre o gravitacional deja de existir en el suelo. En el suelo provisto de un buen drenaje interno, la máxima capacidad de almacenamiento de agua está representada por la capacidad de campo.



### 5.8.2. Punto de Marchitez Permanente (PMP)

Representa el índice de humedad del suelo en el cual las plantas no obtienen la suficiente agua para las necesidades de transpiración. A partir de la capacidad de campo, el agua se va perdiendo progresivamente por evaporación absorbido por las plantas, hasta que llega un momento que la plantas ya no pueden absorber más agua y se marchitan. Se dice que el suelo ha alcanzado el punto de marchitamiento.

*Figura 19 Punto de Marchitez*



*Fuente (SlideShare, 2011)*

Si el suelo no recibe nuevos aportes de agua, la evaporación desde el suelo y la extracción por parte de las raíces hacen que el agua almacenada disminuya hasta llegar a un nivel en el que las raíces ya no pueden extraer agua del suelo, y las plantas se marchitan de forma permanente.

### 5.8.3. Limite Productivo (LP)

Se llama límite productivo en un suelo, al porcentaje de humedad fácilmente aprovechable por las plantas. Depende de las características del cultivo, y del tipo de suelo en que esto se desarrolle.

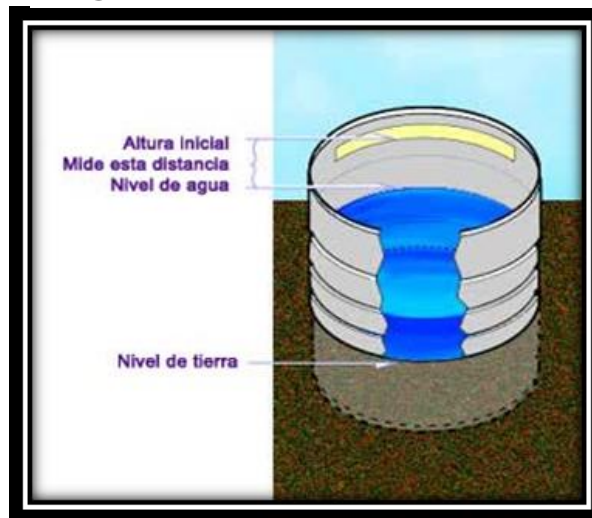
Generalmente el límite productivo se considera como el 66.67% de la capacidad de campo, aunque se pueden encontrar diversas opiniones de diferentes autores pero esta es la más aceptada.

#### 5.8.4. Infiltración

La infiltración es una propiedad física muy importante en relación con el manejo del agua de riego en los suelos. Se refiere a la velocidad de entrada del agua en el suelo. La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, se expresa generalmente en cm/hr o cm/min.

La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo y llega hasta sus capas inferiores. Muchos factores del suelo afectan el control de la infiltración, así como también gobiernan el movimiento del agua dentro del mismo y su distribución durante y después de la infiltración. Esta propiedad es la que determina el tiempo que se deberá regar un suelo para aplicar una cantidad de agua deseada.

**Figura 20 Velocidad de Infiltración**



**Fuente** (*madrimasd, 2007*)

La velocidad de infiltración determina la cantidad de agua de escurrimiento superficial y con ello el peligro de erosión hídrica. En casi todos los métodos de riego la velocidad de entrada de agua al suelo determina los tiempos de riego y los diseños de los sistemas en cuanto al tamaño de las unidades superficiales y los caudales a utilizar.

Cuando se agrega agua al suelo, ésta se infiltra rápidamente pero luego la velocidad disminuye a medida que pasa el tiempo hasta alcanzar un valor constante llamado “velocidad de infiltración básica”.

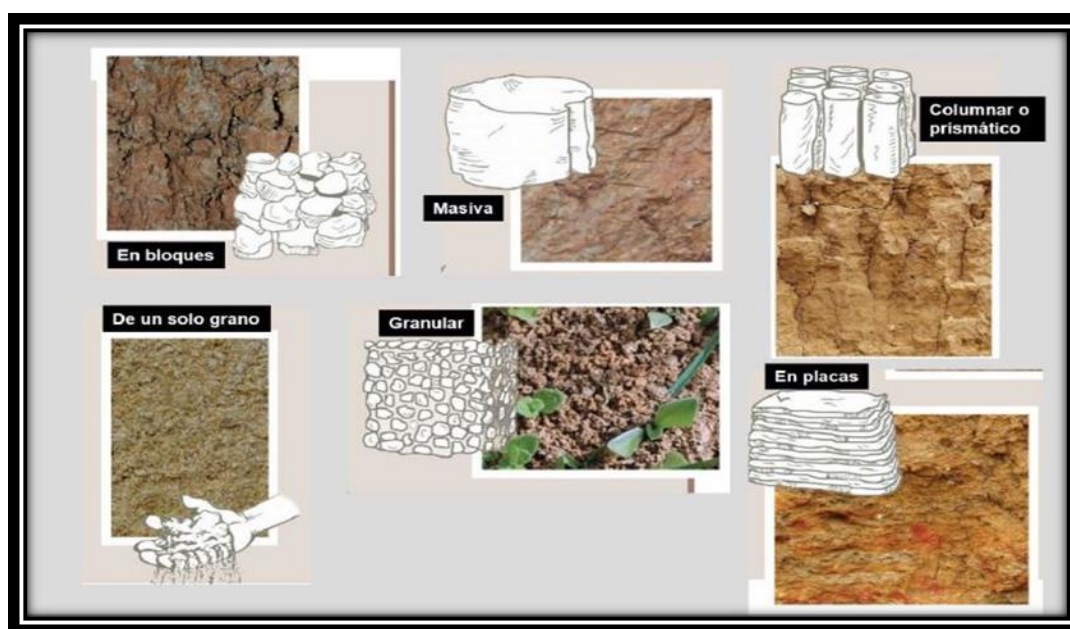
## 5.9. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS

Entre las propiedades físicas se encuentran la textura, la densidad del suelo en su estructura natural, la densidad de su fase sólida, la porosidad. Aquí solamente definiremos aquellas propiedades que son necesarias para el establecimiento del régimen de riego y el cálculo de drenaje.

### 5.9.1. Estructura

La estructura del suelo es como el estado del mismo, que resulta de la granulometría de los elementos que lo componen y del modo como se hallan éstos dispuestos. La evolución natural del suelo produce una estructura vertical estratificada (no en el sentido que tiene estratificación en ecología) a la que se conoce como perfil. Las capas que se observan se llaman horizontes y su diferenciación se debe tanto a su dinámica interna como al transporte vertical.

*Figura 21 Estructura del suelo*



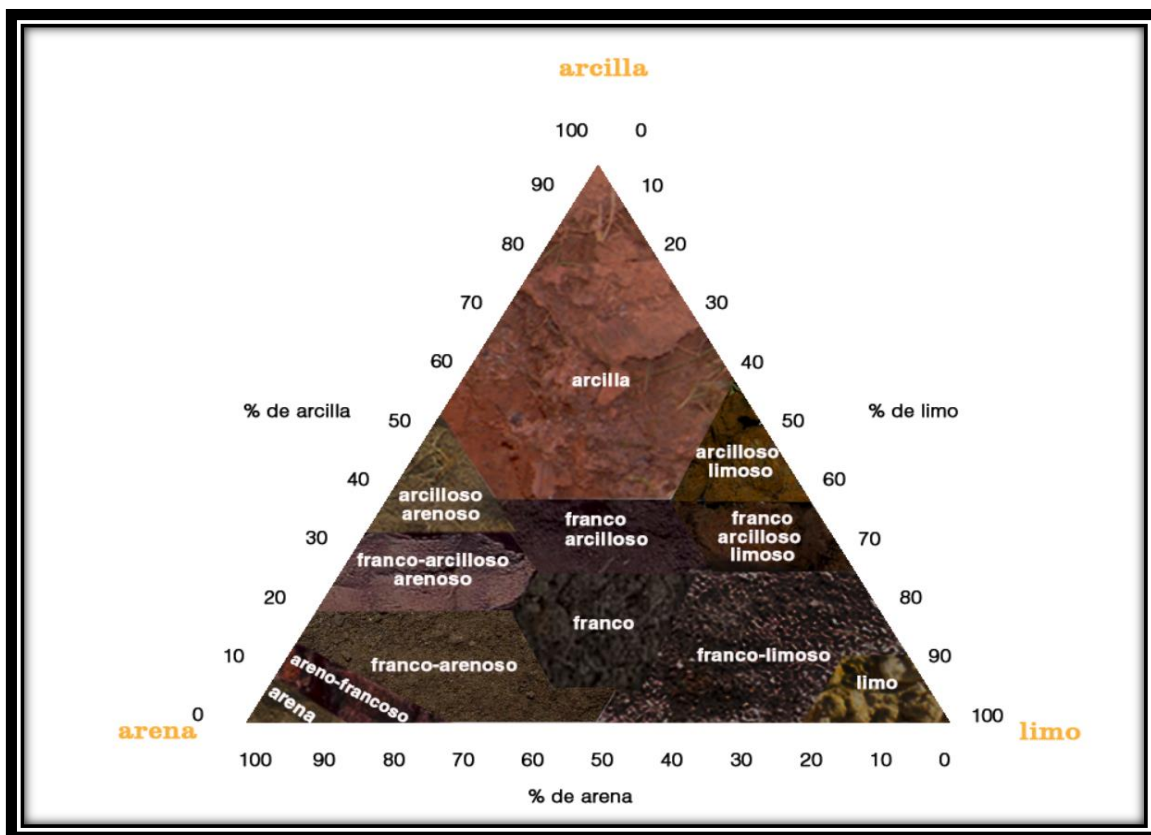
*Fuente (FERTILAB, 2014)*

### 5.9.2. Textura

Es la cantidad relativa expresada en % de arena, % de limo y % de arcilla contenida en una porción de suelo. Este término se refiere a las diferentes proporciones de separados en la fracción mineral del suelo, denominándose de la siguiente manera:

- **ARENAS:** Si sus tamaños son de 2.00 a 0.05mm de diámetro.
- **LIMOS:** Si sus tamaños son de 0.05 a 0.002mm de diámetro.
- **ARCILLAS:** Si sus tamaños son menores de 0.002mm de diámetro.

**Figura 22 Clasificación de la textura del suelo**



**Fuente** (la mama pacha, 2014)

### 5.9.3. Densidad Aparente del suelo ( $D_a$ )

Por densidad el suelo se entiende a la masa de volumen de suelo seco en su estructura natural. En este caso se tiene en cuenta los huecos poros que existen en el suelo.

La densidad se determina por medio de la desecación y el pesado de las muestras, con una estructura sin alterar y un volumen rigurosamente determinados, extraídas en el campo con cilindros metálicos.

La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en un suelo y es importante para el manejo de los suelos (refleja la compactación y facilidad de circulación de agua y aire). También es un dato necesario para transformar muchos de los resultados de los análisis de los suelos en el laboratorio (expresados en % en peso) a valores de % en volumen en el campo.

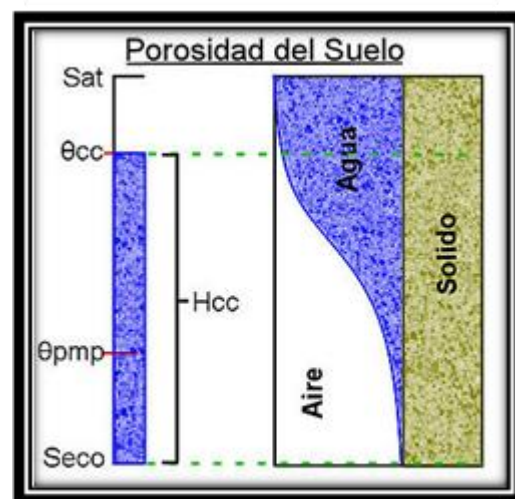
### 5.9.4. Densidad Real del suelo ( $D_r$ )

La densidad real del suelo es la masa de una unidad de volumen de la misma. Dicha masa depende de la composición mineralógica y de la cantidad de sustancia orgánica, pero no depende de la estructura del suelo.

### 5.9.5. Porosidad

El suelo está constituido por partículas sólidas de distinto tamaño que dejan entre sí unos espacios o poros ocupados por aire y agua. Por lo general, el aire ocupa una gran parte del espacio de los poros grandes, mientras que el agua ocupa los poros más pequeños. El conjunto de los poros se llama porosidad, su valor puede oscilar entre 40% y 60% del volumen total del suelo.

Figura 23 Porosidad del suelo



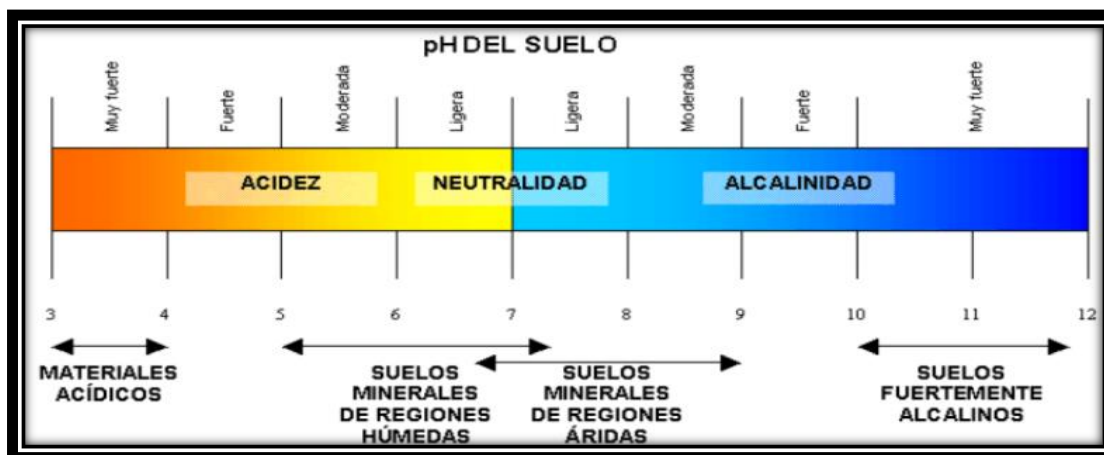
Fuente (EcuRed, 2019)

## 5.10. PROPIEDADES QUIMICAS DE LOS SUELOS

### 5.10.1. Acidez del suelo (pH)

La determinación de la acidez del suelo, se ha utilizado comúnmente como medio para diagnosticar la alcalinidad de los mismos; cuando los valores de Ph varían entre (6.8-7.2) generalmente s una indicación de la presencia de un Ph neutro, cuando el valor de ph es menor de 6.8 indica que estamos en presencia de un suelo acido (presencia de sales) y si estamos con un Ph mayor de 7.2 es una indicación que está presente un suelo básico.

*Figure 24 PH del suelo*



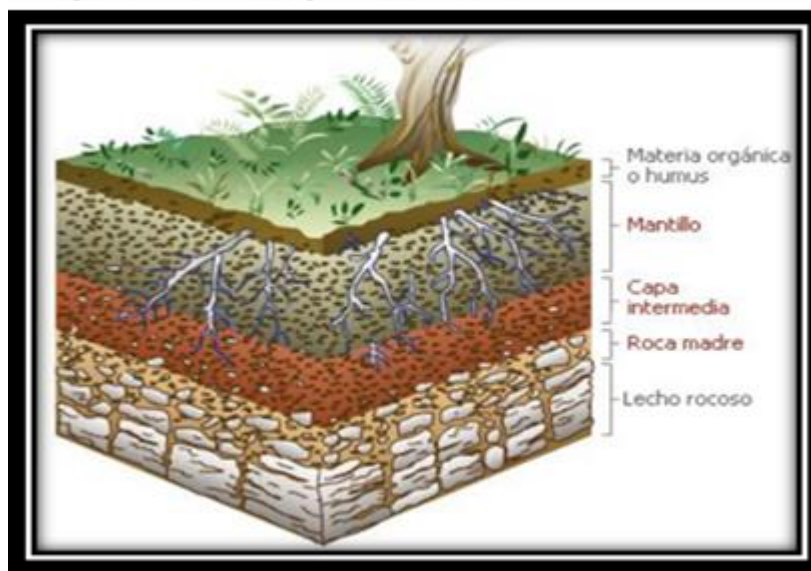
*Fuente (Irvin Barrientos Andia, 2019)*

### 5.10.2. Materia Orgánica (MO)

La materia orgánica es uno de los componentes del suelo, en pequeña porción, formada por los restos vegetales y animales que por la acción del microbiota del suelo son convertidos en una materia rica en reservas de nutrientes para las plantas, asegurando la disponibilidad de macro y micronutrientes.



**Figura 25 Materia Orgánica del Suelo**



**Fuente** (Historia y Biografía, 2015)

## **5.11. ELEMENTOS QUIMICOS DEL SUELO**

### **5.11.1. Nitrógeno(N)**

El suelo contiene cantidades variables de nitrógeno que dependen de muchas características climáticas, biológicas y físicas del medio ambiente en que se encuentra.

### **5.11.2. Fosforo (P)**

El fosforo se encuentra en todas la células vivas, este acelera la maduración más que la mayoría de los otros elementos. Dado que un exceso estimula una maduración muy pronto.

### **5.11.3. Potasio (K)**

La cantidad total de potasio que contiene los suelos, es mayor que los demás elementos nutritivos esenciales. El potasio tiene un efecto calibrador del resultado del exceso de nitrógeno, aumentando la síntesis u la translocación de carbohidratos, estimulando con ellos el engrosamiento de la pared celular y la resistencia del tallo.

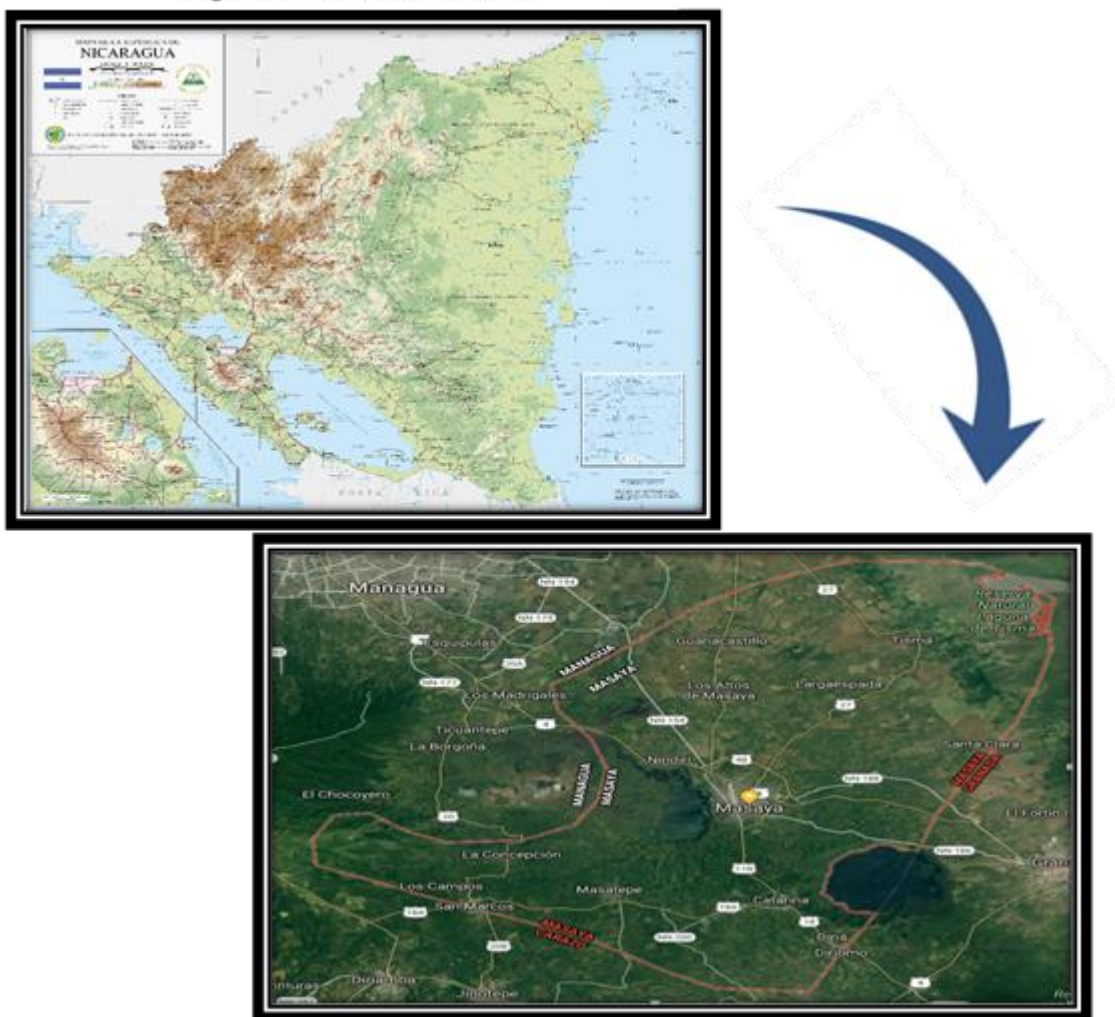
## VI. DISEÑO METODOLOGICO

### 6.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 6.2. MACRO LOCALIZACION

El estudio se realizó en la Finca Experimenta Agrícola (FAE) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), ubicada en el departamento de Masaya, el cual limita al norte con el rio Tipitapa, al sur con el departamento de Carazo, al este con el departamento de Granada y al oeste por el departamento de Managua. Su forma territorial es de un trapecio, con un área de 593 km<sup>2</sup>.

*Figura 1 Macro localización*



*Fuente: Google Earth*



### 6.2.1. MICRO LOCALIZACION

La finca está ubicada en la comunidad Santa Clara, Comarca Las Cortezas municipio de Tisma, departamento de Masaya, tiene una extensión de 1.12 Km<sup>2</sup>. La finca se enmarca entre las coordenadas geográficas 86° 08` y 86° 10`, longitud oeste 13° 27` y latitud norte 13° 29`, a una altura entre los 40 y 60 msnm.

Esta limita al Norte con la Comarca “Los Veinticuatro”, al Sur con la Comunidad “La Bolsa”, al Este con la Comarca “San Guillermo”, y al Oeste con la Comunidad “Las Cortezas”.

**Figura 1 Micro localización**



**Fuente: Google Earth**

### 6.3.DISEÑO AGRONÓMICO

El diseño agronómico es una parte fundamental del proyecto de riego y se realiza a continuación de obtener los resultados del análisis de suelo, para realizar el cálculo de la norma neta del suelo (Nn), Norma bruta del suelo (Nb) y cálculo de tiempo de puesta; además, toma los datos de requerimientos de riego basado en los datos climáticos (Eto), datos del cultivo (Kc) y datos de suelo, para establecer la lámina de riego y posteriormente definir lámina de riego neta y bruta, así como intensidad de la aplicación, tamaño de sectores de riego y caudal del sector. Este último se compara con el caudal de la fuente para analizar la viabilidad del riego.

#### 6.3.1. Formulas a utilizar

- **Normas neta del suelo**

La dosis neta de riego aporta humedad al suelo para satisfacer las necesidades del cultivo durante varios días. Suele expresarse en m<sup>3</sup>/ha o mm de altura de lámina de agua. Conviene recordar que 1 mm = 1 l/m<sup>2</sup> = 10 m<sup>3</sup>/ha. Puede calcularse como:

$$Nn = 100 * Da * Hr * (cc - PMP) * 2/3$$

**Donde:**

Nn: Norma Neta (m<sup>3</sup>/ha)

Da: Densidad aparente (gr /cm<sup>3</sup> )

Hr: Profundidad radicular(m)

Cc: Capacidad de campo(%)

PMP: Punto de marchitez permanente (%)

2/3 =Fracción de agua utilizable entre riegos.

- **Norma bruta del suelo**

En general, cuando se aplica un riego, no toda el agua queda almacenada en la zona del suelo explorada por las raíces, sino que parte se pierde por evaporación, escorrentía y percolación profunda, siendo muy diferente la cuantía de cada tipo de pérdida según el sistema de riego.

$$Nb = \frac{Nn}{Ef}$$

**Donde:**

Nb: Norma bruta (mm)

Nn: Norma Neta (mm)

Ef: Eficiencia del sistema de riego (%)

- **Evapotranspiración real o uso consuntivo**

Permite estimar la evapotranspiración del cultivo para un periodo determinado en condiciones óptimas de fertilidad y humedad, para alcanzar su potencial de producción.

$$Etr_{cultivo} = Eto * Kc$$

**Donde:**

Eto= Evapotranspiración (mm/día)

Kc=coeficiente del cultivo

$Etr_{cultivo}$  = Evapotranspiración real o Uso Consuntivo (mm/día)

- **Necesidades brutas del cultivo**

$$Nb_{cultivo} = \frac{Etr_{cultivo}}{Ef}$$

**Donde:**

$Etr_{cultivo}$ : Evapotranspiración real o Uso Consuntivo (mm/día)

Ef: Eficiencia del sistema de riego (%)

- **Frecuencia de riego**

La precipitación efectiva ( $Pe$ ) es nula dado la alta frecuencia de riego, que a veces es diaria, Es muy improbable que siempre ocurra una lluvia en el intervalo entre dos riegos consecutivos.

El aporte capilar ( $Gw$ ) solo es importante en los casos en que haya una capa freática próxima.

La variación de almacenamiento de agua ( $\Delta W$ ) no debe tomarse en cuenta para el cálculo de las necesidades puntas o máximas ya que con este tipo de riego localizado se pretende mantener próximo a cero el potencial hídrico del suelo, lo que consiguen reponiendo el agua extraída con la alta frecuencia de aplicación.

Es la lámina de riego que se debe aplicar en determinado tiempo (días).

$$Fr = Nn/Etr_{cultivo}$$

**Donde:**

$Fr$ =Frecuencia de riego

$Nn$ =Norma Neta del suelo (mm)

$Etr_{cultivo}$ =Evapotranspiración real del cultivo ( $mm/día$ )

- **Tiempo de Riego**

$$Tr = Etr_{cultivo} / Ia$$

**Donde:**

$Etr_{cultivo}$  = Evapotranspiración real del cultivo (mm/día).

$Ia$ : intensidad de aplicación (mm/h)

$Tr$ : tiempo de riego (hr/emisor)

#### **6.4. DISEÑO HIDRÁULICO**

Con el diseño hidráulico se determinan los componentes, dimensiones de la red y funcionamiento de la instalación de riego, de tal manera que se puedan aplicar las necesidades de agua al cultivo en el tiempo que se haya establecido, teniendo en cuenta el diseño agronómico previamente realizado.

El diseño hidráulico contempla el dimensionamiento de toda la red de tubería, para lo cual se calculan las pérdidas de carga de las diferentes combinaciones de diámetros de longitudes de tuberías, manteniendo una tolerancia de presiones en la subunidad y calculándose un requerimiento total de presiones (ADT).

Consiste en el dimensionamiento de los componentes del sistema y en la determinación de las variables hidráulicas (presión, pérdidas de carga, caudal, etc.) de la red de distribución; disminuyendo las pérdidas de agua y maximizando las eficiencias de conducción, distribución y aplicación en todo el sistema de riego, en función de las necesidades hídricas máximas del cultivo y de los demás parámetros del diseño agronómico.

### 6.4.1. Diseño Hidráulico de Riego por Aspersión

#### Formulas a utilizar

- **Gastos teóricos**

$$Qt = 3.48 \times cg \ d^2 \times ho^{1/2}$$

**Donde:**

Cg: coeficiente de gasto

D: diámetro de la boquilla del aspersor (m)

Ho: presión de trabajo (m)

- **Radio de alcance (m)**

$$R = 1.55 \times ho \times 1 - 0.95ho/4.9 + ho \times (1000d)^{1/2}$$

**Donde:**

Ho: presión de trabajo (m)

D: diámetro de la boquilla del espesor (m)

- **Espaciamiento entre aspersores y espaciamento entre laterales**

Debido a la incidencia del viento se estimó conveniente tomar una disposición triangular. Las ecuaciones para calcular los espaciamientos entre los aspersores y entre laterales tomando en cuenta tal disposición son las siguientes.

$$Ea = 0.4 \times D \text{ efect}$$

$$El = 0.65 \times D \text{ efect}$$

- **Intensidad de aplicación (mm/h)**

$$I_a = 3600 \times q_o \times E_f / E_a \times E_l$$

**Donde:**

Qo: caudal del aspersor (lps)

Ef.: eficiencia del sistema, (adimensional)

Ea: Espaciamiento entre aspersores, (m)

El: espaciamiento entre los laterales, (m)

- **Área regada por aspersor (m<sup>2</sup>)**

$$\text{Área: } E_a \times E_l$$

**Donde:**

Ea: espaciamiento entre aspersor, (m)

El: espaciamiento entre los laterales (m)

- **Área regada posición (m<sup>2</sup>)**

$$A_{\text{regada}} = A_{\text{aspersor}} \times N^{\circ} \text{ aspersores}$$

- **Tiempos de puesta (horas)**

$$T_r = N_b / I_a$$

**Donde:**

Nb: norma bruta, (mm)

La: intensidad de aplicación (mm/hr)

- **Calidad de la lluvia**

$$\text{Calidad de la lluvia} = h_o / d$$

**Donde:**

$h_o$ : presión de trabajo (m)

$d$ : diámetro de la boquilla del aspersor (m)

- **Diseño de la tubería lateral**

Longitud del lateral (m)

$$L = N^{\circ} \text{ aspersores} \times E_a$$

**Donde:**

$E_a$ : espaciamiento entre aspersor

Gasto del lateral (gpm)

$$Q_{\text{lat.}} = q_o \times N^{\circ} \text{ aspersores}$$

**Donde:**

$Q_o$ : caudal del aspersor, (gpm)

- **Pasos para determinar el diámetro optimo**

I. Conociendo  $M$  y  $N$  que están en dependencia de la formula a utilizar, se busca el valor de  $Z$  (tabla)

II. Perdidas máximas en el lateral

$$H_f \text{ Lat.} = 0.2 h_o$$

III. Cálculo de  $K$

$$K = 1742 / C^{1.852}$$



**Donde:**

K: factor que depende del material

C: coeficiente de rugosidad

1.852: coeficiente de Hazen-willians

IV. Cálculo del diámetro

$$D = [Z K L (Q_0)^m / H_f \text{ LAT.}]^{1/4.87}$$

$$D = \left[ \frac{Z K L (Q_0)^m}{H_f \text{ LAT.}} \right]^{1/4.87}$$

**Donde:**

F: factor que depende del número de salidas

L: espaciamiento entre aspersores

Q: caudal del aspersor (lps)

Hf Lat: pérdidas máximas en el lateral

D: diámetro de la tubería.

V. Cálculo de las pérdidas reales

$$H_f \text{ real} = 0.20 (d/d_c)^{4.87}$$

**Donde:**

D: diámetro de calculado, (pulg.)

Dc: diámetro comercial, (pulg.)

- **Calculo en la entrada del lateral**

$$H \text{ Lat.} = H_n + H \text{ elev} + \Delta Z$$

**Donde:**

Hn: pérdidas máximas en la entrada del lateral (m)

H elev. : Altura del elevador (m)

$\Delta Z$ : diferencia topográfica (m)

$$H_n = h_o + 0.75 h_{f \text{ real}}$$

- **Diseño de la tubería maestra**

Para calcular el número de laterales, cuando los laterales corren a ambos lados de la tubería se utiliza la siguiente ecuación.

$$PL = 2LM / EI$$

**Donde:**

LM: longitud de la maestra (m)

EI: espaciamiento entre laterales

$$Q_m = Nl \times Q_{Lat.}$$

**Donde:**

Qm: caudal de la maestra (gpm)

Nl: números de laterales (gpm)

- **Diámetro de la maestra**

Para lograr una buena uniformidad de distribución de la lluvia de los aspersores, el criterio más usado es el que plantea que las pérdidas de carga en la maestra deben ser menores o iguales que el 25% de la presión de trabajo de la maestra.

$$Hf_{maestra} < 0.25h_o$$

Para la tubería maestra se asume un diámetro comercial cuyos valores más usados son 4, 5, 6, 8, 10, 18.

Utilizando la fórmula de Hazen-willians calculamos las pérdidas de carga total en la maestra (m).

$$Hf_{maestra} = 1742 \times \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852}} \times \frac{L}{d^{4.87}}$$

**Donde:**

Q: Caudal de la tubería maestra (lps)

C: coeficiente de rugosidad de la tubería.

L: longitud (m), según los puntos críticos de los laterales se toma 2/3 LM.

D: diámetro asumido (pulg.)

- **Carga a la entrada de la maestra**

La carga a la entrada de la maestra que no es más que la energía necesaria a suministrar a la entrada de la maestra se calcula por la siguiente expresión.

$$HM = H_{Lat.} + H_f \text{ maestra} + H_f \text{ acc} + \Delta Z$$

**Donde:**

H Lat.: carga necesaria a la entrada del lateral.

Hf maestra: pérdidas de carga a la maestra.

$\Delta Z$ : Desnivel desfavorable en el terreno a lo largo de la maestra.

Hf acc: perdida de carga producida por los accesorios que se encuentra en el sistema.

El valor de Hf acc se considera como el 10% de la sumas de las pérdidas de carga del lateral y de la maestra.

$$H_f \text{ acc} = 0.10 (H_f \text{ Lat.} + H_f \text{ Maestra})$$

- **Diseño de la conductora**

**Cálculo del Diámetro**

Conociendo del caudal transportado y la velocidad de circulación del flujo,

$$D = [(4 \times Q) / (\pi \times V)]^{1/2}$$

**Donde:**

Q: caudal de la tubería, (m<sup>3</sup>/s)

V: velocidad de la circulación del flujo, (m/s)

D: diámetro de la tubería, (m)

En caso de no dar un valor igual a un diámetro comercial se redondeará la repuesta al diámetro comercial inmediato superior.

### **Cálculo de las pérdidas de carga (Hazen-williams)**

$$H_f: 10.67 \times L \times \frac{(Q/C^{1.852})}{D^{4.87}}$$

#### **Donde:**

H<sub>f</sub>: pérdidas de carga, (m)

L: longitud de la tubería conductora, (m)

Q: caudal del diseño, (m<sup>3</sup>/s)

C: coeficiente de rugosidad de la tubería.

- **Carga de la entrada de la conductora**

$$H_c = H \text{ maestra} + h_f \text{ cond.} + \Delta Z + h_f \text{ local}$$

#### **Donde:**

H<sub>c</sub>: perdida de carga en la conductora (m)

H maestra: carga a la entrada de la maestra

H<sub>f</sub> cond: pérdidas por fricción a lo largo de la conductora.

ΔZ: Desnivel desfavorable en la conductora

H<sub>f</sub> local: pérdidas por accesorios (10% h<sub>f</sub> Cond.)

### **6.3.2. Diseño Hidráulico del riego localizado de alta frecuencia (Microaspersión y Goteo)**

#### **a. Diseño de la tubería lateral**

El diámetro de la tubería lateral se escoge según la conveniencia del usuario cuando se utilizan mangueras de polietileno, y no se basan realmente en un cálculo realizado por este usuario sino en recomendaciones del fabricante según tipo de

Microaspersor, el número de Microaspersores en el lateral y la distancia que hay entre los emisores, basándose en cálculos previos.

Al utilizar mangueras de polietileno podemos escoger entre mangueras de diámetro de 16 mm, 20 mm y 25 mm, las que se escogen según las características antes mencionadas.

- **Cálculo del caudal de la tubería lateral**

$$q_{lat} = \# \text{ emisores por lateral } \times \text{caudal del emisor}$$

**Donde:**

$q_{lat}$  = Caudal que pasa por la tubería lateral (lps)

- **Cálculo de la pérdida unitaria BLASIU (m/100m)**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( Q^{1.75} / D^{4.75} \right)$$

**Donde:**

Q = Caudal del lateral (lps)

D = Diámetro interior del lateral (mm)

- **Cálculo de la pérdida unitaria corregida por las pérdidas de conexión de los emisores en (m/100m)**

$$J' = J[(Se + Fe)/Se]$$

**Donde:**

J = Pérdida unitaria (m/100m)

Fe = Factor de corrección. Depende del tipo de unión y el diámetro del lateral (m)

Se = Separación entre emisores (m)

- **Cálculo de la pérdida de carga ( $h_f$ ) en una tubería lateral**

$$h_f = J' x F x (L/100)$$

**Donde:**

$J'$  = Pérdida unitaria corregida (m/100m)

$F$  = Factor de Christiansen (De tabla)

$L$  = Longitud de la tubería lateral (m)

- **Cálculo de la presión a la entrada del lateral ( $H_{lat}$ ) en metros**

$$h_{lat} = h_0 + \frac{3}{4} (h_f) \pm 0.5(Sl/100)$$

**Donde:**

$h_0$  = Presión nominal del Microaspersor (m)

$h_f$  = Pérdida de carga en la tubería lateral (m)

$Sl$  = Pendiente del terreno por longitud del lateral (%)

- **Presión mínima en el lateral**

$$h_n = h_{lat} - (h_f + 1m)$$

**Donde:**

$h_n$  = Presión mínima en el lateral (m)

$h_{lat}$  = Presión a la entrada del lateral (m)

$h_f$  = Pérdida de carga en la tubería lateral (m)

- **Pérdida de carga permisible en la tubería lateral**

$$h = h_{lat} - h_n$$

**Donde:**

$h$  = Pérdida de carga permisible en el lateral (m)

$h_{lat}$  = Presión a la entrada del lateral (m)

$h_n$  = Presión mínima en el lateral (m)

## **b. Diseño de la tubería Maestra ó Manifold**

- **Cálculo del caudal de la tubería Maestra**

$$q_{maestra} = \# \text{ laterales } \times q_{lat}$$

**Donde:**

$q_{maestra}$  = Caudal de la tubería maestra (lps)

$q_{lat}$  = Caudal del lateral (lps)

- **Cálculo de la pérdida unitaria (m/100m)**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( Q^{1.75} / D^{4.75} \right)$$

**Donde:**

Q = Caudal de la maestra (lps)

D = Diámetro interior de la tubería maestra (mm)

- **Cálculo de la pérdida unitaria corregida por las pérdidas de conexión de los laterales en (m/100m)**

$$J' = J[(Sl + Fe)/Sl]$$

**Donde:**

J = Pérdida unitaria (m/100m)

Fe = Factor de corrección. Depende del tipo de unión y el diámetro de la tubería maestra (manifold) en metro.

Sl = Separación entre laterales (m)

- **Cálculo de la pérdida de carga (hf) en la tubería maestra (manifold)**

$$h_f = J' \times L \times (L/100)$$

**Donde:**

J' = Pérdida unitaria corregida (m/100m)

F = Factor de Christiansen (De tabla)

L = Longitud de la tubería Maestra (m)

- **Cálculo de la presión a la entrada de la tubería Maestra (H maestra) en metros**

$$h_{maestra} = h_{lat} + \frac{3}{4}(h_f) \pm 0.5(Sl/100)$$

**Donde:**

H<sub>lat</sub> = Carga a la entrada del lateral (m)

h<sub>f</sub> = Pérdida de carga en la tubería maestra (m)

Sl = Pendiente del terreno por longitud de la tubería maestra (%)

- **Diseño de la tubería conductora**

Para el cálculo de la tubería conductora hacemos uso del método de velocidad permisible para rangos entre 1.2 y 1.5 m/s.

$$Q = V \times A$$

$$Q = V \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D = [(4 \times Q)/(\pi \times V)]^{1/2}$$

**Donde:**

Q = Caudal que pasa por la tubería conductora (m<sup>3</sup>/s)

V = Velocidad máxima permisible (1.5 m/s)

D = Diámetro de la tubería conductora (m)

- **Cálculo de pérdida unitaria (m/100m)**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

**Donde:**

Q = Caudal de la tubería conductora (lps)

D = Diámetro interior de la tubería conductora (mm)



- **Pérdida de carga en la tubería conductora**

$$h_f = J \times L / 100$$

**Donde:**

J = Pérdida unitaria en la tubería conductora (m/100m)

L = Longitud de la tubería conductora (m)

- **Sumatoria de las pérdidas de carga**

$$\sum hf = hf_{conductora} + hf_{maestra} + h_o + hf_{acc} + hf_{locales} \pm \Delta Z$$

**Donde:**

hf<sub>conductora</sub> = Pérdidas de carga en la tubería conductora (m)

hf<sub>maestra</sub> = Pérdidas de carga en la tubería maestra (m)

h<sub>o</sub> = Presión nominal del microaspersor (m)

hf<sub>acc</sub> = Pérdida de carga en los accesorios (m)

hf<sub>locales</sub> = Pérdidas de cargas locales (m)

ΔZ = Diferencia de altura (m)

- **Cálculo de la Carga Total Dinámica**

$$CTD = \sum hf + NDB$$

**Donde:**

CTD = Carga total dinámica (m)

Σhf = Sumatoria de las pérdidas de carga (m)

NDB = Nivel dinámico de bombeo (m)

- **Cálculo de la potencia del equipo de bombeo**

$$Hp = \frac{Q \times CTD}{270 \times Ef} \times Fs$$

**Donde:**

HP = Potencia del equipo de bombeo (Hp)

Q = Caudal que pasa por la conducción ( $\text{m}^3/\text{hr}$ )

CTD = Carga total dinámica (m)

Ef = Eficiencia del equipo de bombeo (%)

Fs = Factor de Seguridad, (1.20) para motor de combustión interna.

#### **6.4. DISEÑO GEOMÉTRICO**

El diseño geométrico es una parte fundamental en la instalación de un laboratorio de riego presurizado, situados en la Finca Agrícola Experimental se llevará acabo los siguientes pasos para delimitar el área de trabajo:

- ✓ Se realizará el levantamiento de campo para el establecimiento de parcelas, utilizando una cinta métrica de lona.
- ✓ Se realizará la desmembración de cada lote de cultivo, utilizando el software de Auto-CAD.
- ✓ Se determinará la ubicación de la fuente de agua.
- ✓ Se realizará el aforo y curva de gasto del equipo de bombeo existente en la Finca.
- ✓ Se determinará la dirección de siembra para el trazado y orientación de las tuberías.
- ✓ Se realizará la definición de los cultivos de acuerdo con cada método de riego para la realización del diseño agronómico y los cálculos hidráulicos.

#### **6.5. INSTALACIÓN DEL LABORATORIO DE RIEGO PRESURIZADO**

Una vez realizados cada uno de los diseños agronómicos, hidráulicos y geométricos, se generará el listado de materiales que contemplará la instalación del laboratorio de riego presurizado. Posteriormente con ayuda del diseño geométrico, se realizará el estaquillado en campo por donde pasaran las diferentes tuberías.

Una vez realizado el estaquillado, se procederá a la apertura de zanjas para la colocación de las tuberías conductora y manífull (tubería maestra), así como la instalación de los caballetes de riego y la unión de los componentes de control del sistema.

La unión de las tuberías de acuerdo con el fabricante se debe de realizar...

## **6.6. ACTUALIZACIÓN DE GUIAS DE PRACTICAS DE CAMPO**

Considerando los datos técnicos de cada uno de los sistemas de riego instalados en el laboratorio de riego presurizados que se presentan en los cálculos de diseños agronómicos, hidráulicos y geométricos, se procederá a la actualización de las guías de prácticas de campo de la asignatura Diseño de sistemas de riego, incorporando las características hidráulicas de los emisores instalados, espaciamiento entre emisores y laterales, intensidades de aplicación y eficiencia de los sistemas de riego instalados.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. DISEÑO AGRONÓMICO

- **Cálculo de la NC del cultivo**

$$ET_o = 6.3 \text{ mm/día}$$

Cultivo del plátano

$$K_C = 1.2$$

Marco de plantación

$$E_p = 0.75 \text{ mt}$$

$$E_s = 2 \text{ mt}$$

$$ET_r = ET_o * K_C$$

$$ET_r = 7.56 \text{ mm/día} * 10$$

$$ET_r = 75.6 \text{ m}^3/\text{ha} * 0.24$$

$$ET_r = 18.14 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Área} = 0.24 \text{ ha}$$

Aspersor NAAN modelo 5024 boquilla de color violeta 2.5 diámetro Angulo N° 12

$$q_o = 350 \text{ lph}$$

$$h_o = 2 \text{ bar} = 20 \text{ mt} = 28 \text{ psi}$$

$$E_a = 9 \text{ m}$$

$$E_l = 10 \text{ m}$$

- **Cálculo de la intensidad de aplicación**

$$I_a = \frac{3600 q_o}{E_a * E_l} * E$$

$$I_a = \frac{350 \text{ lph}}{9 * 10} * 0.85$$

$$I_a = 3.31 \text{ mm/hr}$$

- **Cálculo del tiempo de riego**

$$T_r = \frac{N_n}{I_a} \frac{7.56 \text{ mm/día}}{3.31 \text{ mm/hr}} =$$

$$T_r = 2.28 \text{ hr} = 2 \text{ hr. } 17 \text{ min}$$

## 7.2. DISEÑO HIDRAULICO

### 7.2.1. Diseño Hidráulico del riego por Aspersión

- **Caudal teórico del aspersor**

$$q_{tco} = 3.48 d^2 \sqrt{h_o}$$

$$q_{tco} = 3.48 (0.0025)^2 \sqrt{20} m$$

$$q_{tco} = 0.000097 m^3/seg$$

- **Caudal real de aspersor**

$$q_{real} = 350 \frac{lt}{hr} * \frac{1m^3}{1000 lt} * \frac{1 hr}{3600 seg}$$

$$q_{real} = 0.000097 m^3/seg$$

- **Coeficiente de gasto por aspersión**

$$C_g = \frac{q_{real}}{q_{teorico}} = \frac{0.000097 \frac{m^3}{seg}}{0.000097 \frac{m^3}{seg}}$$

$$C_g = 1$$

- **Radio de alcance**

$$R = 1.5 h_o \left( 1 - \frac{0.95 h_o}{4.9 + h_o} \right) \sqrt{1000} d$$

$$R = 1.5 (20.66) \left( 1 - \frac{0.95(20.66)}{4.9 + (20.66)} \right) \sqrt{1000} * 0.0025$$

$$R_{teórico} = 11.37m$$

- **Cálculo del diámetro efectivo**

$$Def = 0.55 D \cong 0.55 (16.5)$$

$$Def = 9.08 \cong 9m$$

### 7.2.1.1. Diseño de la tubería lateral

- Datos aspersor**

Naandanjain 5024

$Q_a = 350 \text{ lhr} = 0.0972 \text{ lhr}$

$E_a = 9 \text{ m}$

$E_l = 10 \text{ m}$

$L_{lat} = 70 \text{ m}$

$H_o = 28 \text{ PSI} = 2 \text{ bares}$

$D = 16 \text{ m}$

- Diseño de la tubería lateral**

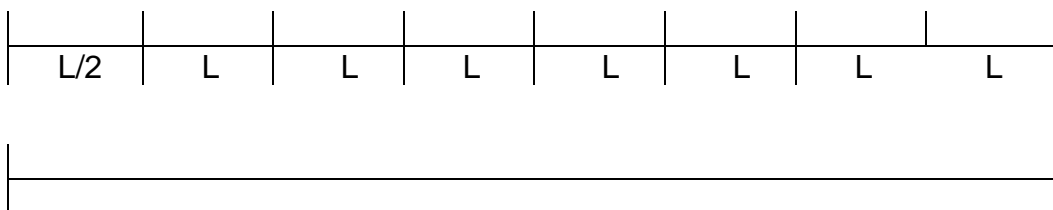
$$H_f = \frac{1742}{c^{1.852}} * \frac{q_0^{1.852}}{D^{4.87}} * L$$

$D_{ef} = 0.55D = 0.55 (16 \text{ m})$

$D_{ef} = 8.8 \text{ m} \cong 9 \text{ m}$

- ✓ **Cálculo de N° de aspersores**

$$N = \frac{L}{EA} = \frac{70}{a} = 7.77 \cong 7$$



58.5 m

- **Cálculo del gasto del lateral**

$$Q_{lat} = N \cdot q_0 = 7 \cdot 350 \text{ LPH}$$

$$Q_{lat} = 2450 \text{ LPH} = 0.68 \text{ LPS}$$

- **Cálculo de Z**

$$N = 7 \quad C = 1.852 \quad Z = 109$$

- **Cálculo de hf max**

$$H_{f \text{ max}} = 0.2(20 \text{ m})$$

$$H_{f \text{ max}} = 4 \text{ m}$$

- **Cálculo de diámetro**

$$D = \left[ \frac{ZKL \cdot q_0^{1.852} \cdot L}{h_{f \text{ max}}} \right]^{1/4.87}$$

$$D = \left[ \frac{109 \cdot 0.16 \cdot (0.097 \text{ lps})^{1.852} \cdot 9}{4.132 \text{ m}} \right]^{1/4.87}$$

$$D = 0.87 \cong 1$$

- **Cálculos de las hf reales**

$$H_{f \text{ real}} = 0.2 \text{ ho} \left( \frac{d}{dc} \right)^{4.87}$$

$$H_{f \text{ real}} = 0.2 \cdot 20 \text{ m} \left( \frac{0.87}{1} \right)^{4.87}$$

$$H_{f \text{ real}} = 2.03 \text{ m} < 4.13 \text{ hf max}$$

- **Cálculo de la carga a la entrada del lateral**

$$HL = H_n + h_{el} + \Delta Z$$

$$H_n = h_o + 0.75 h_f \text{ real}$$

$$H_n = 20 \text{ m} + 0.75 (2.03 \text{ m})$$

$$H_n = 21.52 \text{ m}$$

$$HL = 21.52 \text{ m} + 0.45 \text{ m} + 0.1 \text{ m}$$

$$HL = 22.07 \text{ m}$$

### 7.2.1.2 Diseño de la tubería maestra

$$L \text{ maestra} = 10 \text{ m}$$

$$L \text{ lat} = 58.5 \text{ m}$$

$$El = 10 \text{ m}$$

$$Q \text{ lat} = 0.6804 \text{ L/S}$$

$$Tr = 2.30 \text{ hr}$$

$$H_o = 20 \text{ m}$$

$$HL = 22.07 \text{ m}$$

$$H \text{ real} = 2.03 \text{ m}$$

$$Q_m = NL * Q_{lat}$$

$$Q_m = 4 * 0.6804 \text{ L/S}$$

$$Q_m = 2.7216 \text{ LpS}$$

- **Cálculo de N° de laterales**

$$NL = \frac{\text{long.maestra}}{El} = \frac{35}{10m} = 3.52 \cong 4$$

### 7.2.1.3. Cálculo del gasto de la maestra

$$Q_m = NL * Q \text{ lat}$$

$$Q_m = 2 * 0.68 \text{ lps}$$

$$Q_m = 1.36 \text{ lps}$$



#### 7.2.1.4. Cálculo de las hf max

$$H_f \text{ max} = 0.25 * h_o$$

$$H_f \text{ max} = 0.25 * 20 \text{ m}$$

$$H_f \text{ max} = 5 \text{ m}$$

#### 7.2.1.5. Cálculo de diámetro de la maestra

$$H_{fm} = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{q^{1.852}}{d^{4.87}} * L$$

$$H_{fm} = \frac{1742}{150^{1.852}} * \frac{1.36 \text{ lps}^{1.852}}{(1.5)^{4.87}} * 10 \text{ mt}$$

$$H_{fm} = 0.40 \text{ m}$$

$$H_{fm} = < h_f \text{ max ok}$$

#### 7.2.1.6. Cálculo de la carga a la entrada de la maestra

$$H_m = H_l + h_{fm} + h_f \text{ acc} + \Delta Z$$

$$H_f \text{ acc} = 0.10 (h_f \text{ lat} + h_{fm})$$

$$H_f \text{ acc} = 0.10 (2.03 \text{ m} + 0.4 \text{ m})$$

$$H_f \text{ acc} = 0.24 \text{ m}$$

$$H_m = 22.07 + 0.40 + 0.24 + 0$$

$$H_m = 22.71 \text{ m}$$

#### 7.2.1.7. Diseño de tubería conductora

$$H_f = 10.67 * L * \frac{\left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}}{D^{4.87}}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = v * \pi D^2 / 4$$

$$D = \left[ \frac{4}{4\pi} \right]^{1/2}$$

$$Q_c = 4 * q_{lat}$$

$$Q_c = 4 * 0.68 \text{ lps}$$

$$Q_c = 0.00272 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Velocidad de flujo**

$$D = \left[ 4 * \frac{0.00272}{1.2} \right]^{\frac{1}{2}} = 0.054 \text{ m} \cong 2.1 \text{ pulg}$$

$$h_f = \frac{10.67 * 50 \text{ m} * \left( \frac{\frac{0.00272 \text{ m}^3}{\text{seg}}}{150} \right)^{1.852}}{(0.0508 \text{ m})^{4.87}}$$

$$h_f = 1.77 \text{ m}$$

- **Cálculo de las pérdidas en los accesorios**

$$H_{facc} = 0.10 (H_m + h_{fc})$$

$$H_{facc} = 0.10 (22.71 \text{ m} + 1.77 \text{ m})$$

$$H_{facc} = 2.45 \text{ m}$$

- **Cálculo de la entrada de la conductora**

$$H_c = H_m + h_f + h_{facc}$$

$$H_c = 22.71 \text{ m} + 1.77 \text{ m} + 2.45 \text{ m}$$

$$H_c = 26.93 \text{ m}$$

## 7.2.2. Diseño Hidráulico riego por Microaspersión

### 7.2.2.1. Diseño de tubería lateral

#### Datos de entrada

$\varnothing = 20$  mm, diámetro interno 18.2 mm

$L = 70$  m

$Se = 3.5$  m

$l_0 = Se$

$f_e = 0.08$

$F = 0.389$

$S = 1.8$  %

$h_m = 20$  m

$q_m = 48$  lph = 0.013 lps

$n = 20$  emisores

#### ✓ Caudal del Lateral

$q_l = n * q_m$

$q_l = 20 * 48$  lph

$q_l = 960$  lph = 0.267 lps

#### • Pérdida de carga unitaria

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{0.267^{1.75}}{17.4^{4.75}} \right)$$

$$J = 10.02 \text{ m/100m}$$

- **Pérdida de carga unitaria corregida**

$$J' = J[(Se + fe)/Se]$$

$$J' = 10.02 [(3.5 + 0.08)/3.5]$$

$$J' = 10.04 \text{ m}/100\text{m}$$

- **Pérdida de carga en el lateral**

$$h_{fl} = J' \times F \times (L/100)$$

$$h_{fl} = 10.04 \times 0.389 \times (70/100)$$

$$h_{fl} = 2.73 \text{ m}$$

- **Presión a la entrada del lateral ( $h_l$ ).**

$$h_l = h_m + \frac{3}{4} h_{fl} \pm \frac{1}{2} \Delta EL$$

$$h_l = 20 + \frac{3}{4} (2.73) + \frac{1}{2} (1.8 \times 70/100)$$

$$h_l = 22.68 \text{ m}$$

- **Presión mínima en el lateral ( $h_n$ ).**

$$h_n = h_l - (h_{fl} + \Delta EL)$$

$$h_n = 22.68 - [2.73 + (1.8 \times (70/100))]$$

$$h_n = 18.69 \text{ m}$$

- **Diferencia de presión ( $\Delta h$ )**

$$\Delta h = h_l - h_n$$

$$\Delta h = 22.68 \text{ m} - 18.69 \text{ m}$$

$$\Delta h = 3.99 \text{ m}$$

### 7.2.2.2. Diseño de tubería Terciaria

#### Datos de entrada

$\varnothing = 45.22$  mm (diámetro interno)

$L = 17$  m

$Sl = 3.5$  m

$Fe = 0.015$

$l_0 = \frac{1}{2} Sl$

$F = 0.410$

$S = 2$  %

$q_l = 960$  lph

$N = 5$  laterales

- **Caudal de la terciaria**

$$q_t = N * q_l$$

$$q_t = 5 * 960 \text{ lph}$$

$$q_t = 4800 \text{ lph} = 1.33 \text{ lps}$$

- **Pérdida de carga unitaria**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{1.33^{1.75}}{45.22^{4.75}} \right)$$

$$J = 1.782 \text{ m/100m}$$

- **Pérdida de carga unitaria corregida**

$$J' = J[(Sl + Fe)/Sl]$$

$$J' = 1.782 [(3.5 + 0.015)/3.5]$$

$$J' = 1.790 \text{ m/100m}$$

- **Pérdida de carga en la terciaria**

$$h_{ft} = J' x F x (L/100)$$

$$h_{ft} = 1.790 x 0.410 x (17/100)$$

$$h_{ft} = 0.125 \text{ m}$$

- **Presión a la entrada de la terciaria**

$$H_t = h_l + \frac{3}{4} h_{ft} \pm \frac{1}{2} \Delta EL$$

$$H_t = 22.68 + \frac{3}{4} (0.125) + \frac{1}{2} (2 * 17/100)$$

$$H_t = 22.944 \text{ m}$$

- **Presión mínima en la terciaria (Hn).**

$$H_n = H_t - (h_{ft} + \Delta EL)$$

$$H_n = 22.944 - [0.125 + (2 * (17/100))]$$

$$H_n = 22.479 \text{ m}$$

- **Diferencias de presión ( $\Delta H$ )**

$$\Delta H = H_t - H_n$$

$$\Delta H = 22.944 \text{ m} - 22.479 \text{ m}$$

$$\Delta H = 0.465 \text{ m}$$

### 7.2.2.3 Diseño de tubería Conductora

El caudal de la tubería conductora es dos veces el caudal de la tubería terciaria, ya que la posición de la válvula de control se encuentra al centro de la tubería terciaria derivando el agua a dos sectores.

$$Q = 2 \times q_t$$

$$Q = 2 \times 1.33 \text{ lps} = 2.67 \text{ lps} = 0.0027 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 1.52 \text{ m/s}$$

$$L = 85 \text{ m}$$

$$D = \sqrt{\left(\frac{4Q}{\pi V}\right)} \text{ entonces: } D = \sqrt{\left(\frac{4 \times 0.0027}{\pi \times 1.5}\right)}$$

$$\text{Obteniendo: } D = 0.048 \text{ m} = 48 \text{ mm} \approx D = 50 \text{ mm o bien 2"}$$

- **Cálculo de pérdida unitaria (m/100m)**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{2.67^{1.75}}{50^{4.75}} \right)$$

$$J = 3.744 \text{ m /100m}$$

- **Pérdida de carga en la tubería conductora**

$$h_{fc} = J \times L/100$$

$$h_{fc} = 3.744 \times 85/100$$

$$h_{fc} = 3.182 \text{ m}$$

- **Presión a la entrada de la conductora**

$$H_c = h_t + \frac{3}{4} h_{fc} \pm \frac{1}{2} \Delta EL$$

$$H_c = 22.944 + \frac{3}{4} (3.182) - \frac{1}{2} (2 \times 85/100)$$

$$H_c = 24.481 \text{ m} \approx 34.82 \text{ psi}$$

#### 7.2.2.4. Requerimientos del Equipo Motobomba

Nivel Dinámico de bombeo ( $H_a$ ) = 18.29 m

#### Pérdidas de carga locales o por accesorios " $h_{floc}$ "(m)

Tabla 11. Pérdidas de carga locales				
Accesorio	K	" $h_{floc}$ "(m)	Cantidad	Total (m)
Red. Brusca 2" x 1½"	0.164	0.01	2	0.02
Red. Brusca 2" x 1"	0.308	0.02	1	0.02
Te lisa 2"	1	0.07	3	0.21
Codo 2" x 90°	0.90	0.07	1	0.07
Codo 1½" x 45°	0.90	0.07	2	0.14
Llave de bola 2"	0.06	0.004	1	0.004
Válvula de aire	2.5	0.18	1	0.18
Filtro de malla 2"		1	1	1
$\Sigma$				<b>1.644</b>

Fuente: Propio.

Nota: 1)  $h_{floc} = k * v^2 / 2g$ , la velocidad "v" tiene un valor de 1.5 m/s según el caudal de 2.67 lps que pasa por la tubería terciaria y conductora que es el mismo para ambas 2) El cuadro incluye los accesorios del cabezal y caballete de riego.

- **Altura Manométrica Total**

$$H_T = H_a + H_c + \sum h_{floc}$$

$$H_T = 18.262 \text{ m} + 24.481 \text{ m} + 1.644 \text{ m}$$

$$H_T = 44.387 \text{ m}$$

Esta es la presión que debe suministrar la bomba para lograr el buen funcionamiento de los Microaspersores.



- **Potencia Absorbida por la bomba**

$$HPB = \frac{Q * H_T}{76 * E_b}$$

$$HPB = \frac{2.67 \text{ lps} * 44.387 \text{ m}}{76 * 0.75}$$

$$HPB = 1.17 \text{ HP}$$

- **Requerimientos de Potencia del Motor**

$$P_m (HP) = HPB(HP) * \text{margen de seguridad} (\%)$$

$$P_m (HP) = 1.17 \text{ HP} * 1.20$$

$$P_m (HP) = 1.404 \text{ HP}$$

### 7.2.3. Diseño Hidráulico riego por Goteo (Gotero de Botón)

#### 7.2.3.1. Diseño de tubería lateral

##### Datos de entrada

$\varnothing = 16$  mm, diámetro interno 13.2 mm

$L = 70$  m

$Se = 2$  m

$I_0 = Se$

$f_e = 0.15$

$F = 0.366$

$S = 1.8$  %

$hm = 10$  m

$qm = 8$  lph = 0.0022 lps

$n = 70$  emisores

- **Caudal del Lateral**

$$q_l = n * q_m$$

$$q_l = 70 * 8 \text{ lph}$$

$$q_l = 560 \text{ lph} = 0.156 \text{ lps}$$

- **Pérdida de carga unitaria**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{0.156^{1.75}}{13.2^{4.75}} \right)$$

$$J = 14.532 \text{ m/100m}$$

- **Pérdida de carga unitaria corregida**

$$J' = J[(Se + fe)/Se]$$

$$J' = 14.532 [(2 + 0.15)/2]$$

$$J' = 15.622 \text{ m/100m}$$

- **Pérdida de carga en el lateral**

$$h_{fl} = J' \times F \times (L/100)$$

$$h_{fl} = 15.622 \times 0.366 \times (70/100)$$

$$h_{fl} = 4 \text{ m}$$

- **Presión a la entrada del lateral ( $h_l$ ).**

$$h_l = h_m + \frac{3}{4} h_{fl} \pm \frac{1}{2} \Delta EL$$

$$h_l = 10 + \frac{3}{4} (4) + \frac{1}{2} (1.8 \times 70/100)$$

$$h_l = 14.26 \text{ m}$$

- **Presión mínima en el lateral ( $h_n$ ).**

$$h_n = h_l - (h_{fl} + \Delta EL)$$

$$h_n = 14.26 - [4 + (1.8 \times (70/100))]$$

$$h_n = 9 \text{ m}$$

- **Diferencia de presión ( $\Delta h$ )**

$$\Delta h = h_l - h_n$$

$$\Delta h = 14.26 \text{ m} - 9 \text{ m}$$

$$\Delta h = 5.26 \text{ m}$$

### 7.2.3.2. Diseño de tubería Terciaria

#### Datos de entrada

$$\varnothing = 45.22 \text{ mm (diámetro interno)}$$

$$L = 17 \text{ m}$$

$$Sl = 2 \text{ m}$$

$$Fe = 0.152$$

$$I0 = \frac{1}{2} Sl$$

$$F = 0.384$$

$$S = 2 \%$$

$$ql = 560 \text{ lph}$$

$$N = 10 \text{ laterales}$$

- **Caudal de la terciaria**

$$qt = N * ql$$

$$qt = 10 * 560 \text{ lph}$$

$$qt = 5600 \text{ lph} = 1.55 \text{ lps}$$

- **Pérdida de carga unitaria**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \left( \frac{1.55^{1.75}}{45.22^{4.75}} \right)$$

$$J = 2.330 \text{ m/100m}$$

- **Pérdida de carga unitaria corregida**

$$J' = J[(Sl + Fe)/Sl]$$

$$J' = 2.330 [(2 + 0.152)/2]$$

$$J' = 2.507 \text{ m/100m}$$

- **Pérdida de carga en la terciaria**

$$h_{ft} = J' x F x (L/100)$$

$$h_{ft} = 2.507 x 0.384 x (17/100)$$

$$h_{ft} = 0.674 \text{ m}$$

- **Presión al inicio de la terciaria**

$$H_t = h_l + \frac{3}{4} h_{ft} \pm \frac{1}{2} \Delta EL$$

$$H_t = 14.26 + \frac{3}{4} (0.674) + \frac{1}{2} (2 * 17/100)$$

$$H_t = 14.936 \text{ m}$$

- **Presión mínima en la terciaria (Hn).**

$$H_n = H_t - (h_{ft} + \Delta EL)$$

$$H_n = 14.936 - [0.674 + (2 * (17/100))]$$

$$H_n = 13.922 \text{ m}$$

- **Diferencias de presión ( $\Delta H$ )**

$$\Delta H = H_t - H_n$$

$$\Delta H = 14.936 \text{ m} - 13.922 \text{ m}$$

$$\Delta H = 1.014 \text{ m}$$

### 7.2.3.3. Diseño de tubería Conductora

El caudal de la tubería conductora es dos veces el caudal de la tubería terciaria, ya que la posición de la válvula de control se encuentra al centro de la tubería terciaria derivando el agua a dos sectores.

$$Q = 2 x q_t$$

$$Q = 2 * 1.55 \text{ lps} = 3.1 \text{ lps} = 0.0031 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 1.52 \text{ m/s}$$

$$L = 120 \text{ m}$$

$$D = \sqrt{\left(\frac{4Q}{\pi V}\right)} \text{ entonces: } D = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 0.0031}{\pi \cdot 1.5}\right)}$$

$$\text{Obteniendo: } D = 0.05 = 50 \text{ mm} \approx D = 50 \text{ mm o bien 2"} \text{ }$$

- **Cálculo de pérdida unitaria (m/100m)**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( Q^{1.75} / D^{4.75} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( 3.1^{1.75} / 50^{4.75} \right)$$

$$J = 4.86 \text{ m /100m}$$

- **Pérdida de carga en la tubería conductora**

$$h_{fc} = J \times L / 100$$

$$h_{fc} = 4.86 \times 120 / 100$$

$$h_{fc} = 5.832 \text{ m}$$

- **Presión a la entrada de la conductora**

$$H_c = h_t + \frac{3}{4} h_{fc} \pm \frac{1}{2} \Delta EL$$

$$H_c = 14.936 + \frac{3}{4} (5.832) - \frac{1}{2} (2 \times 120 / 100)$$

$$H_c = 18.11 \text{ m} \approx 25.76 \text{ psi}$$

### 7.2.3.4. Requerimientos del Equipo Motobomba

Nivel Dinámico de bombeo ( $H_a$ ) = 18.29 m

Pérdidas de carga locales o por accesorios " $h_{floc}$ "(m)

Tabla 11. Pérdidas de carga locales				
Accesorio	K	" $h_{floc}$ "(m)	Cantidad	Total (m)
Red. Brusca 2" x 1½"	0.164	0.01	2	0.02
Red. Brusca 2" x 1"	0.308	0.02	1	0.02
Te lisa 2"	1	0.07	3	0.21
Codo 2" x 90°	0.90	0.07	1	0.07
Codo 1½" x 45°	0.90	0.07	2	0.14
Válvula Hidráulica 2"		3	1	3
Válvula de aire	2.5	0.18	1	0.18
Filtro de malla 2"		2	1	2
$\Sigma$				<b>5.644</b>

Fuente: Propio.

Nota: 1)  $h_{floc} = k \cdot v^2 / 2g$ , la velocidad " $v$ " tiene un valor de 1.5 m/s según el caudal de 3.1 lps que pasa por la tubería terciaria y conductora que es el mismo para ambas  
 2) El cuadro incluye los accesorios del cabezal y caballete de riego.

- **Altura Manométrica Total**

$$H_T = H_a + H_c + \sum h_{floc}$$

$$H_T = 18.262 \text{ m} + 18.11 \text{ m} + 5.644 \text{ m}$$

$$H_T = 42.016 \text{ m}$$

Esta es la presión que debe suministrar la bomba para lograr el buen funcionamiento de los goteros.

- **Potencia Absorbida por la bomba**

$$HPB = \frac{Q * H_T}{76 * E_b}$$

$$HPB = \frac{3.1 \text{ lps} * 42.016 \text{ m}}{76 * 0.75}$$

$$HPB = 1.285 \text{ HP}$$

- **Requerimientos de Potencia del Motor**

$$P_m (HP) = HPB(HP) * \text{margen de seguridad} (\%)$$

$$P_m (HP) = 1.285 \text{ HP} * 1.20$$

$$P_m (HP) = 1.542 \text{ HP}$$



## 7.2.4. Diseño Hidráulico del riego por goteo con cinta

### 7.2.3.2. Diseño de tubería lateral

#### Datos de entrada

$\varnothing = 16$  mm, diámetro interno 13.2 mm

$L = 70$  m

$Se = 0.2$  m

$l_0 = Se$

$f_e = 0.074$

$F = 0.364$

$S = 1.8$  %

$hm = 10$  m

$q_m = 1.3$  lph = 0.00036 lps

$n = 350$  emisores

- **Caudal del Lateral**

$q_l = n * q_m$

$q_l = 350 * 1.3$  lph

$q_l = 455$  lph = 0.126 lps

- **Pérdida de carga unitaria**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{0.126^{1.75}}{13.2^{4.75}} \right)$$

$$J = 10 \text{ m}/100\text{m}$$

- **Pérdida de carga unitaria corregida**

$$J' = J[(Se + fe)/Se]$$

$$J' = 10 [(0.2 + 0.074)/0.2]$$

$$J' = 13.7 \text{ m}/100\text{m}$$

- **Pérdida de carga en el lateral**

$$h_{fl} = J' \times F \times (L/100)$$

$$h_{fl} = 13.7 \times 0.364 \times (70/100)$$

$$h_{fl} = 3.49 \text{ m}$$

- **Presión a la entrada del lateral ( $h_l$ ).**

$$h_l = h_m + \frac{3}{4} h_{fl} \pm \frac{1}{2} \Delta EL$$

$$h_l = 10 + \frac{3}{4} (3.49) + \frac{1}{2} (1.8 \times 70/100)$$

$$h_l = 13.247 \text{ m}$$

- **Presión mínima en el lateral ( $h_n$ ).**

$$h_n = h_l - (h_{fl} + \Delta EL)$$

$$h_n = 13.247 - [3.49 + (1.8 \times (70/100))]$$

$$h_n = 8.497 \text{ m}$$

- **Diferencia de presión ( $\Delta h$ )**

$$\Delta h = h_l - h_n$$

$$\Delta h = 13.247 \text{ m} - 8.497 \text{ m}$$

$$\Delta h = 4.75 \text{ m}$$

#### 7.2.3.4. Diseño de tubería Terciaria

##### Datos de entrada

$\varnothing = 45.22$  mm (diámetro interno)

$L = 17$  m

$SI = 1.6$  m

$Fe = 0.152$

$IO = SI$

$F = 0.389$

$S = 2$  %

$ql = 455$  lph

$N = 10$  laterales

- **Caudal de la terciaria**

$$qt = N * ql$$

$$qt = 10 * 455 \text{ lph}$$

$$qt = 4550 \text{ lph} = 1.264 \text{ lps}$$

- **Pérdida de carga unitaria**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( Q^{1.75} / D^{4.75} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( 1.264^{1.75} / 45.22^{4.75} \right)$$

$$J = 1.63 \text{ m/100m}$$

- **Pérdida de carga unitaria corregida**

$$J' = J[(SI + Fe)/SI]$$

$$J' = 1.63 [(1.6 + 0.152)/1.6]$$

$$J' = 1.785 \text{ m/100m}$$

- **Pérdida de carga en la terciaria**

$$h_{ft} = J' x F x (L/100)$$

$$h_{ft} = 1.785 x 0.389 x (17/100)$$

$$h_{ft} = 0.118 \text{ m}$$

- **Presión al inicio de la terciaria**

$$H_t = h_l + \frac{3}{4} h_{ft} \pm \frac{1}{2} \Delta EL$$

$$H_t = 13.247 + \frac{3}{4} (0.118) + \frac{1}{2} (2 * 17/100)$$

$$H_t = 13.505 \text{ m}$$

- **Presión mínima en la terciaria (Hn).**

$$H_n = H_t - (h_{ft} + \Delta EL)$$

$$H_n = 13.505 - [0.118 + (2 * (17/100))]$$

$$H_n = 13.047 \text{ m}$$

- **Diferencias de presión ( $\Delta H$ )**

$$\Delta H = H_t - H_n$$

$$\Delta H = 13.505 \text{ m} - 13.047 \text{ m}$$

$$\Delta H = 0.458 \text{ m}$$

### 7.2.3.5. Diseño de tubería Conductora

El caudal de la tubería conductora es dos veces el caudal de la tubería terciaria, ya que la posición de la válvula de control se encuentra al centro de la tubería terciaria derivando el agua a dos sectores.

$$Q = 2 x q_t$$

$$Q = 2 * 1.264 \text{ lps} = 2.528 \text{ lps} = 0.0025 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 1.5 \text{ m/s}$$

$$L = 155 \text{ m}$$

$$D = \sqrt{\left(\frac{4Q}{\pi V}\right)} \text{ entonces: } D = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 0.0025}{\pi \cdot 1.5}\right)}$$

$$\text{Obteniendo: } D = 0.056 = 50 \text{ mm} \approx D = 50 \text{ mm o bien 2"} \text{ }$$

- **Cálculo de pérdida unitaria (m/100m)**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( Q^{1.75} / D^{4.75} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( 2.528^{1.75} / 50^{4.75} \right)$$

$$J = 3.403 \text{ m /100m}$$

- **Pérdida de carga en la tubería conductora**

$$h_{fc} = J \times L / 100$$

$$h_{fc} = 3.403 \times 155 / 100$$

$$h_{fc} = 5.275 \text{ m}$$

- **Presión a la entrada de la conductora**

$$H_c = h_t + \frac{3}{4} h_{fc} \pm \frac{1}{2} \Delta EL$$

$$H_c = 13.505 + \frac{3}{4} (5.275) - \frac{1}{2} (2 \times 155 / 100)$$

$$H_c = 15.911 \text{ m} \approx 22.626 \text{ psi}$$

#### 7.2.4.4. Requerimientos del Equipo Motobomba

Nivel Dinámico de bombeo ( $H_a$ ) = 18.29 m

Pérdidas de carga locales o por accesorios " $h_{floc}$ "(m)

Tabla 11. Pérdidas de carga locales				
Accesorio	K	" $h_{floc}$ "(m)	Cantidad	Total (m)
Red. Brusca 2" x 1½"	0.164	0.01	2	0.02
Red. Brusca 2" x 1"	0.308	0.02	1	0.02
Te lisa 2"	1	0.07	3	0.21
Codo 2" x 90°	0.90	0.07	1	0.07
Codo 1½" x 45°	0.90	0.07	2	0.14
Válvula Hidráulica 2"		3	1	3
Válvula de aire	2.5	0.18	1	0.18
Filtro de malla 2"		2	1	2
$\Sigma$				<b>5.644</b>

Fuente: Propio.

Nota: 1)  $h_{floc} = k * v^2 / 2g$ , la velocidad "v" tiene un valor de 1.5 m/s según el caudal de 2.528 lps que pasa por la tubería terciaria y conductora que es el mismo para ambas 2) El cuadro incluye los accesorios del cabezal y caballete de riego.

- **Altura Manométrica Total**

$$H_T = H_a + H_c + \sum h_{floc}$$

$$H_T = 18.262 \text{ m} + 15.911 \text{ m} + 5.644 \text{ m}$$

$$H_T = 39.817 \text{ m}$$

Esta es la presión que debe suministrar la bomba para lograr el buen funcionamiento de los goteros.

- **Potencia Absorbida por la bomba**

$$HPB = \frac{Q * H_T}{76 * Eb}$$

$$HPB = \frac{2.528 \text{ lps} * 39.817 \text{ m}}{76 * 0.75}$$

$$HPB = 0.993 \text{ HP}$$

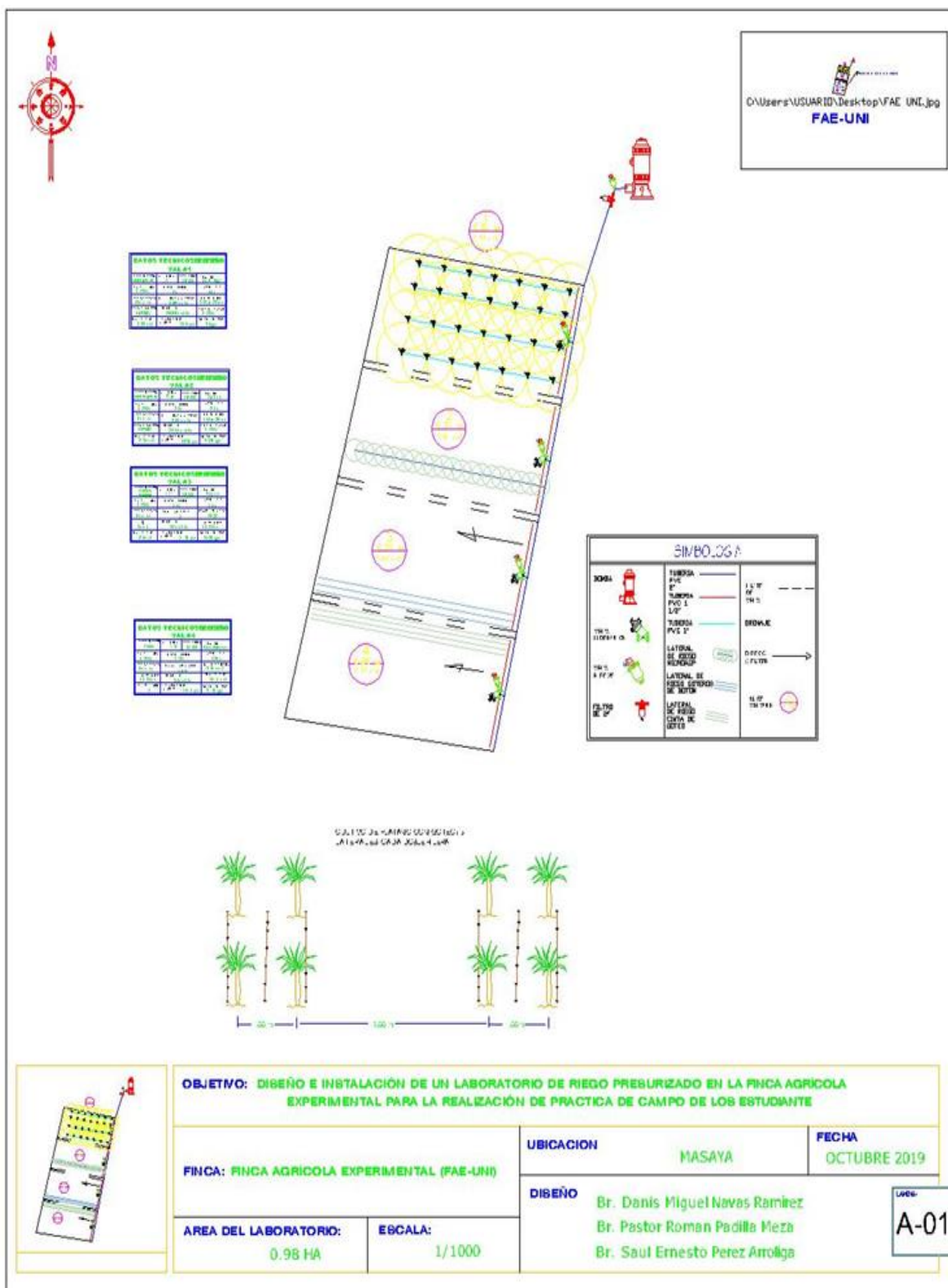
- **Requerimientos de Potencia del Motor**

$$P_m (HP) = HPB(HP) * \text{margen de seguridad} (\%)$$

$$P_m (HP) = 0.993 \text{ HP} * 1.20$$

$$P_m (HP) = 1.192 \text{ HP}$$

### 7.3. DISEÑO GEOMETRICO DEL LABORATORIO DE RIEGO PRESURIZADO





## 7.4. INSTALACIÓN DEL LABORATORIO DE RIEGO PRESURIZADO

La instalación de los sistemas de riego presurizado es una labor que no está exenta de detalles. Éstos son fundamentales para lograr una correcta aplicación del agua, junto con asegurar una larga vida útil de los materiales empleados.

A continuación se presenta una lista de pasos a seguir en el proceso de instalación:

- ✓ Antes o durante la instalación de las tuberías, se debe instalar el cabezal de riego de modo que se deben acoplar y pegar los siguientes elementos: bomba, sistema filtros (de malla según necesidad), manómetro y válvulas reguladoras de caudal y presión.
- ✓ A partir del diseño previamente elaborado, se procede en campo a marcar y estaquillar la ubicación del cabezal y caballetes de riego, así como la dirección por donde pasarán las tuberías de PVC (conductoras y terciarias).

**Figura 28. Estaquillado para la instalación del laboratorio de riego presurizado.**



**Fuente: Propia.**

- ✓ Excavar las zanjás donde se instalarán las tuberías antes mencionadas. Las dimensiones de las zanjás serán de 20 cm de ancho por 30 cm de profundidad para evitar la rotura de estas debido al tránsito de personal agrícola, animales o cualquier carga sobre el terreno.

**Figura 29. Elaboración de zanjás para las tuberías principales**



**Fuente Propia.**



- ✓ Se procede a tender o colocar las diferentes tuberías en sus respectivas zanjas.

**Figura 30. Tendido de Tuberías Conductora y Terciarias en sus respectivas zanjas**



**Fuente Propia**

- ✓ Se acoplan y pegan todas las tuberías, incluyendo los distintos accesorios (Te, codos, terminales, reducciones, etc.) que permiten el establecimiento de la red de distribución sobre el terreno, debe realizarse utilizando un pegamento especial para PVC. Esta operación debe hacerse con los elementos a pegar, secos y limpios.



**Figura 31. Acople y Pegado de Tuberías.**



**Fuente Propia.**

**Figura 32. Acople y Pegado de Tuberías.**



**Fuente Propia.**



- ✓ Aquellos elementos como filtros, válvulas, tapones, etc. que tienen un hilo para que sean atornillados, se unen al sistema mediante terminales denominados HE (Rosca Macho) si tienen el hilo externo, o HI (Rosca Hembra) si tienen el hilo interno. Para evitar filtraciones se debe utilizar, además, un material llamado "Teflón" que se pone en el terminal de estos elementos envolviendo el sector con éste.

**Figura 33. Recubrimiento con Teflón.**



**Fuente Propia.**

- ✓ La perforación de la tubería terciaria, que es donde se conectan los laterales de riego, debe realizarse con un taladro con broca especial. En estos orificios se instala el gromer (empaquete especial de hule) en el cual se introduce el conector PVC – PE para luego acoplar los laterales a dicha terciaria.
- ✓ Se tienden los laterales de riego sobre el terreno con una separación entre ellos establecida previamente en el diseño.

- ✓ Los laterales de riego son pinchados con un punzón a la separación entre emisores que dicta el diseño, de modo que en estos orificios se introduce el agriconector (manguerita del Microaspersor), definiendo de esta manera la conexión lateral-emisor.
- ✓ Los finales de las tuberías terciarias se sellan con un tapón con hilo que se debe sacar a la superficie mediante codos. Estos tapones se pueden quitar para limpiar fácilmente las tuberías durante la temporada. En el caso de los laterales, se hace al final de ellos, un nudo especial que se logra doblando la manguera de polietileno y amarrándola con mecates, de esta manera se impide que siga el transcurso del agua en ellas.

**Figura 34. Lavado de tubería.**



**Fuente Propia.**



- ✓ Se procede a rellenar o tapar las zanjas de modo que queden todas las tuberías enterradas.

**Figura 35. Rellenado de zanjas.**



**Fuente Propia.**

## **7.5. ACTUALIZACIÓN DE GUIAS DE PRACTICAS DE CAMPO**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA  
UNI – RUPAP**

### **GUIA DE PRÁCTICAS DE CAMPO DE DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO Y DRENAJE**

#### **PRÁCTICA No. 1:**

**Reconocimiento de campo para el diseño de un sistema  
de riego en una unidad agrícola.**

**MANAGUA, NICARAGUA  
DICIEMBRE 2019**



### **7.5.1. PRÁCTICA No. 1**

- ✓ **Reconocimiento de campo para el diseño y explotación de un sistema de riego en una unidad agrícola.**

- **OBJETIVOS**

- a) Explicar la importancia de los sistemas de riego en una unidad agrícola.
- b) Determinar los datos necesarios el diseño de un sistema de riego en una unidad agrícola.
- c) Elaboración de un plan de riego a la unidad agrícola.

- **INTRODUCCIÓN**

Los sistemas de riego son una técnica para distribuir el agua necesaria de manera adecuada a un determinado cultivo. Su apropiado diseño y elección depende de una serie de información previa como: tipo de suelo, topografía, clima de la zona, cultivo, cantidad y calidad del agua. (ALMAZAN, 2015)

El clima es fundamental para establecer las posibilidades de producción agrícola en un lugar específico, por lo que se necesitan los elementos climáticos de la zona donde se encuentra la unidad agrícola, siendo los más importantes: la evaporación, radiación, horas de sol, temperatura, precipitación, humedad relativa, velocidad y dirección del viento.

El suelo constituye la base donde se va a establecer el proyecto de riego y el reservorio donde las plantas van a obtener el agua y los nutrientes necesarios para su desarrollo, por lo que es necesario un conocimiento detallado de las características físicas y químicas en el perfil de suelo. Las características del suelo relacionadas con el riego son: capacidad de campo, punto de marchitez permanente, textura, porosidad, velocidad de infiltración, densidad aparente y salinidad.

Del agua es necesaria la información sobre el tipo de fuente de abastecimiento, la calidad agronómica y caudal disponible.

De la parcela son necesarios las dimensiones, topografía, punto de captación del agua y área a regar.

Esta información previa de la unidad de riego nos permite determinar una serie de parámetro que intervienen en el diseño, de los cuales es importante señalar: necesidades hídricas de los cultivos, dosis de riego, infiltración, selección del sistema de riego adecuado.

Para determinar los datos necesarios para el diseño y explotación de un sistema de riego en una unidad agrícola, se debe de realizar una visita de campo al área y recoger la información. La información de la unidad agrícola se debe plasmar en una hoja de campo elaborada cuidadosamente de acuerdo a la información que se desea obtener.

- **MATERIALES**

- ✓ Hoja de campo
- ✓ GPS
- ✓ Cronometro
- ✓ Equipos para la toma de muestra de suelo
- ✓ Equipos de laboratorio para análisis físico-químico
- ✓ Laboratorio de cómputos, para el procesamiento de la información

- **ACTIVIDADES DURANTE LA PRÁCTICA**

Levantamiento topográfico con GPS, a través de un recorrido en la unidad agrícola para la determinación del área ocupada por los cultivos y el nivel del terreno.

Toma de muestra de suelo para la determinación de las propiedades hidrofísicas del suelo en campo y laboratorio.

Aforo de la fuente de agua y toma de muestras para análisis físico-químico en el laboratorio.

Determinación del estado técnico de los sistemas de riego y equipo de bombeo existente.

Recolección de los datos climatológicos de la zona en donde se elaborará el plan de riego.

En el laboratorio de cómputos se realizará la bajada y procesamiento de los datos recolectados con el GPS, en AutoCAD Civil 3D se construirán las curvas de nivel.

Una vez obtenidos los datos climáticos de la zona, haciendo uso del software CROPWAT 8.0 se determinará la evapotranspiración potencial en el laboratorio de cómputos.

En el laboratorio de Edafología se determinaran las propiedades hidrofísicas a la muestra de suelo extraída de la unidad agrícola.

- **ACTIVIDADES DESPUÉS DE LA PRÁCTICA**

- ✓ Cálculo de la ETo, con el software CROPWAT 8.0 de la FAO.
- ✓ Elaboración del plano topográfico de la unidad agrícola.
- ✓ Seleccionar el sistema de riego más adecuado para el cultivo.

Realizar el diseño agronómico, hidráulico y geométrico del sistema de riego.

Entregar informe.

## HOJA DE CAMPO

Localización\_\_\_\_\_

Departamento\_\_\_\_\_Municipio\_\_\_\_\_

Nombre de la unidad agrícola \_\_\_\_\_

Área\_\_\_\_\_

### ***Suelo***

Profundidad \_\_\_\_\_Textura\_\_\_\_\_

Densidad aparente\_\_\_\_\_Capacidad de campo \_\_\_\_\_

Punto de marchitez permanente\_\_\_\_\_Porosidad\_\_\_\_\_

Velocidad de Infiltración\_\_\_\_\_Salinidad\_\_\_\_\_

### ***Clima***

Evaporación\_\_\_\_\_Temperatura \_\_\_\_\_

Precipitación \_\_\_\_\_Humedad relativa\_\_\_\_\_

Velocidad del viento \_\_\_\_\_Dirección del viento \_\_\_\_\_

Radiación\_\_\_\_\_Horas de sol\_\_\_\_\_

<i>Tipo de fuente</i>	<i>Caudal (gpm)</i>	<i>Calidad agronómica</i>	
		<i>pH</i>	<i>Salinidad</i>

### *Parcelas*

<i>Parcelas</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Área a regar</i>	<i>Distancia del punto de captación del agua.</i>

### *Cultivo*

<i>Cultivo</i>	<i>Marco de plantación</i>	<i>Dimensiones</i>

- **BIBLIOGRAFÍA**

- <http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego%20y%20Drenaje.pdf>
- [http://assets.wwf.es/downloads/curso\\_de\\_riego\\_definitivo.pdf](http://assets.wwf.es/downloads/curso_de_riego_definitivo.pdf)

(FAE-UNI)

### Leyenda

- (FAE-UNI)
- Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI)
- Santa Clara

Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI)

Google Earth

© 2018 Google  
Image © 2018 Maxar Technologies

300 m

N



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA  
UNI – RUPAP**

**GUIA DE PRÁCTICAS DE CAMPO  
DE DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO Y DRENAJE**

**“RIEGO POR ASPERSIÓN”**

**PRÁCTICA No. 2:  
Diseño e Instalación de un sistema de riego por  
Miniaspersión**

**MANAGUA, NICARAGUA  
DICIEMBRE 2019**



### 7.5.2. PRÁCTICA No. 2

#### ✓ Diseño e Instalación de sistema de Riego por Miniaspersión

#### OBJETIVOS

- a) Conocer las partes y el funcionamiento de los mini-aspersores, a través de un modelo de mini-aspersor empleado en campo.
- b) Aprender cómo se emplea la información de los catálogos en el diseño de un sistema de riego por mini-aspersión.
- c) Instalar un sistema de riego por mini-aspersión en el centro experimental agrícola.
- d) Determinar las características hidráulicas de los mini-aspersores instalados en campo.

#### INTRODUCCIÓN

El sistema de riego por Miniaspersión es una variante del riego por aspersión en el cual se aplica el agua en menor intensidad, en caudales que van desde los 2 hasta los 5 mm/h. El riego por Miniaspersión es una práctica de riego muy utilizada en la actualidad, en sustitución de la aspersión de alta intensidad, por evitar daños físicos al suelo y a algunos cultivos, así como el ahorro de combustible por las bajas presiones de trabajo (Tarjuelo, 1991).

Es un riego en cobertura total con gota muy fina que no tiene impacto en el suelo. No forma costras y permite una germinación perfecta, con activación de herbicidas pre-emergentes. Se emplea principalmente para papa, repollo, zanahoria, lechuga y hortalizas en general. La instalación consta de un tubo madre fijo que tiene cabezales con picos que producen una fina pulverización.



**Riego por Miniaspersión  
en Cultivo de Plátano.**



## **MATERIALES**

- Mini aspersores smoth drive
- Tubería de PVC 2"
- Accesorios PVC (Tee", adaptadores, conectores, etc.)
- Tubería de PE de 16 mm
- Bomba con capacidad de 1 hp y 1.5 hp
- Manómetro de Glicerina de 0 – 140 psi
- Cinta Métrica de 30 m
- Pluviómetros
- Libreta de Campo
- Calculadora

La presión optima es de 20 a 30 m, los marcos de distanciamiento van desde 3 x 3 m a 8 x 8 m para marcos pequeños y en marcos amplios desde 9 x 9 m hasta 12 x 12m, el coeficiente de uniformidad es de 85 a 90%.

- **Filtración**

Los pequeños diámetros de las boquillas de los miniaspersores requieren el uso de filtros finos (tamaño 40 mesh) para prevenir el taponamiento por aguas sucias.

# Smooth Drive™

## DISPOSITIVOS COMUNES

Sombra creada por los soportes fijos



## SMOOTH DRIVE

Difusor móvil elimina la sombra de los soportes



Los aspersores giratorios comunes tienen soportes fijos que bloquean el agua, creando zonas de sombra. El difusor móvil del Smooth Drive elimina las zonas de sombra, dando una distribución uniforme y sin obstáculos.

El Smooth Drive de Senninger ha sido diseñado para el riego en viveros, campo abierto y bajo los árboles. Su difusor móvil único ayuda a regar con un patrón extremadamente uniforme que evita la formación de zonas secas debido al obstáculo de los soportes.

## CARACTERÍSTICAS

- Modelo de ángulo bajo ideal para riego bajo árboles (base blanca)
- Modelo de ángulo alto ideal para riego en campo abierto (base negra)
- Deflector con contorno de precisión brinda un mayor alcance y mejor distribución
- Mecanismo avanzado de freno para una velocidad de rotación constante y suave, y un esfuerzo mínimo sobre el elevador
- No se necesitan herramientas para acceder a la boquilla
- Caudales: de 1,34 a 2,79 gpm (304 a 634 l/h)
- Presiones de funcionamiento: de 25 a 40 psi (1,72 a 2,76 bar)
- Conexiones: 1/2" NPT macho  
1/2" surco x 3/4" surco x 1" espiga  
20 mm surco x 25 mm surco
- Base cementada para evitar el robo



## DOS MODELOS

Modelo LA (blanco)



Modelo HA (negro)



Ver opciones de conexión de entrada en la sección de características

## PRESIÓN BASE

DEL ASPERSOR - EE.UU. (pies)

	psi			
	25	30	35	40
<b>Boquilla #6 - Dorado (3/32")</b>				
Caudal (gpm)	-	1,34	1,45	1,55
Diámetro del modelo LA a 1,5 pies de altura	-	65	67	68
Diámetro del modelo HA a 1,5 pies de altura	-	68	70	72
<b>Boquilla #7 - Lima (7/64")</b>				
Caudal (gpm)	1,68	1,84	1,99	2,12
Diámetro del modelo LA a 1,5 pies de altura	63	67	68	69
Diámetro del modelo HA a 1,5 pies de altura	67	72	74	77
<b>Boquilla #8 - Lila (1/8")</b>				
Caudal (gpm)	2,21	2,42	2,62	2,79
Diámetro del modelo LA a 1,5 pies de altura	65	68	69	71
Diámetro del modelo HA a 1,5 pies de altura	70	74	77	78

## PRESIÓN BASE

DEL ASPERSOR - MÉTRICO (m)

	bar			
	1,72	2,07	2,41	2,76
<b>Boquilla #6 - Dorado (2,38 mm)</b>				
Caudal (l/h)	-	304	329	352
Diámetro del modelo LA a 0,46 m de altura	-	19,8	20,4	20,7
Diámetro del modelo HA a 0,46 m de altura	-	20,8	21,4	22,0
<b>Boquilla #7 - Lima (2,78 mm)</b>				
Caudal (l/h)	382	418	452	482
Diámetro del modelo LA a 0,46 m de altura	19,3	20,4	20,6	20,9
Diámetro del modelo HA a 0,46 m de altura	20,4	22,1	22,4	23,3
<b>Boquilla #8 - Lila (3,18 mm)</b>				
Caudal (l/h)	502	550	595	634
Diámetro del modelo LA a 0,46 m de altura	19,7	20,7	20,9	21,5
Diámetro del modelo HA a 0,46 m de altura	21,5	22,6	23,3	23,8

El rendimiento de los aspersores puede variar en las condiciones reales de campo. Hay otros tamaños disponibles.

Consulte con la fábrica para obtener información de rendimiento específica. La altura mínima recomendada es de 1,5 pies (0,46 m).

DE NO IMPACTO























# Adaptador Elevador Ensamblajes

Los adaptadores para elevador de Senninger facilitan el riego en lugares difíciles de alcanzar y son ideales para sistemas temporales o transportables. Los adaptadores elevadores se conectan a los laterales, permitiendo que los aspersores de cada lateral se vuelvan a posicionar según las necesidades.





## CARACTERÍSTICAS

- No requiere pegado ni soldadura
- Adecuado para boquillas aspersoras o rociadoras con una conexión base NPT macho de 1/2"
- Componentes disponibles para tubos de PE de 0,345" y 0,270"
- Adaptador elevador adecuado para estacas aspersoras de 14" o 26" así como para estacas de PVC de 1/2", 3/4", o barras de acero de 5/16"



## COMPONENTES

CAUDALES BAJOS (Utilizar con tubería de 0,270")		CAUDALES ALTOS (Utilizar con tubería de 0,345")			
RSASM2TC3QCA	RSASM23C3	RSASM24C3QCA2T	RSASM24C3QCA3T	RSASM24C3	RSASM24C4
<b>RSAD2T</b> (QUICKCONNECT) 1/2" hembra x #2 Taper 	<b>RSAD270</b> 1/2" hembra x Tubería de 0,270" 	<b>RSAD345</b> 1/2" hembra x Tubería de 0,345" 	<b>RSAD345</b> 1/2" hembra x Tubería de 0,345" 	<b>RSAD345</b> 1/2" hembra x Tubería de 0,345" 	<b>RSAD345</b> 1/2" hembra x Tubería de 0,345" 
<b>FTA1B2T</b> Super Espiga de 0,270" x #2 Taper 					
<b>TU1ST3</b> 3 pies (0,9 m) 0,270" I.D. 	<b>TU1ST3</b> 3 pies (0,9 m) 0,270" I.D. 	<b>TU1SST3</b> 3 pies (0,9 m) 0,345" I.D. 	<b>TU1SST3</b> 3 pies (0,9 m) 0,345" I.D. 	<b>TU1SST3</b> 3 pies (0,9 m) 0,345" I.D. 	<b>TU1SST4</b> 4 pies (1,2 m) 0,345" I.D. 
<b>FTA1B2T</b> Super Espiga de 0,270" x #2 Taper* 	<b>FTA1B1B</b> Super Espiga de 0,270" x Adaptador de inserción de espiga 	<b>FTA1B2T</b> Super Espiga de 0,345" x #2 Taper* 	<b>FTA1B3T</b> Super Espiga de 0,345" x #3 Taper** 	<b>FTA1B15B</b> Super Espiga de 0,345" x Adaptador de inserción de espiga 	<b>FTA1B15B</b> Super Espiga de 0,345" x Adaptador de inserción de espiga 
<b>FTHS2T</b> Buje en espiga con pestañas para manguera #2 Taper 		<b>FTHS2T</b> Buje en espiga con pestañas para manguera Buje #2 Taper 	<b>FTHS3T</b> Buje en espiga con pestañas para manguera Buje #3 Taper 		

Pérdida por fricción en todo el sistema: Incluyendo 3 pies (0,9 m) de tubería ID de polietileno de 0,270" equivale a 6,3 psi a 2,0 gpm (0,43 bar a 454 l/h). Incluyendo 3 pies (0,9 m) de tubería ID de polietileno de 0,345" equivale a 1,7 psi a 2,0 gpm (0,117 bar a 454 l/h). Consulte con la fábrica para conocer la pérdida por fricción para caudales superiores a 2 gpm (454 l/h) o tuberías más largas que 3 pies (0,9 m).

#2 TAPER		#3 TAPER	
<b>FT4HSC2T</b> Abrazadera de buje en espiga para manguera de 1" #2 Taper* 	<b>FT1M2T</b> Con pestañas, 1/4" buje roscado macho NPT, #2 Taper* 	<b>FTPLUG2T</b> #2 Taper* (Rojo) 	<b>FTPLUG3T</b> #3 Taper** (Granate) 

HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN VERDE	HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN ROJA
<b>TUPTAP4I</b> - para uso con FTA1B1B 	<b>TUPTAP5I</b> - para uso con FTA1B15B, FTHS2T, FTHS3T, FT1M2T, FT4HSC2T 

RSST26	RSST14
<b>Estaca Riser Stake de 26 pulgadas.</b> Conexión para el adaptador elevador o el micro aspersor de base de espiga directo a la tubería (0,25", 0,270", o 8mm) 	<b>Estaca Riser Stake de 14 pulgadas.</b> Conexión para el adaptador elevador o el microaspersor de base de espiga directo a la tubería (0,25", 0,270", o 8mm) 

## EJERCICIO

### Datos del Sitio:

1. Área neta a regar: 0.24mz (2400 m<sup>2</sup>)
2. Evapotranspiración: 6 mm (6 litros por metro cuadrado)
3. Frecuencia de Riego: 1 días
4. Eficiencia del sistema: 85 %

- **Cálculo de la Necesidad Neta de agua:**

$$Nn = \text{Area a Regar} * \text{Frecuencia de Riego} * \text{Evapotranspiracion}$$

$$Nn = 2400m^2 * 1 \text{ dias} * 6 \frac{\text{litros}}{m^2}$$

$$Nn = 14,400 \frac{\text{litros}}{\text{dia}}$$

- **Cálculo de la necesidad bruta de Agua:**

$$Nb = \frac{Nn}{\text{Eficiencia}}$$

$$Nb = \frac{14,400 \text{ litros}}{0.85}$$

$$Nb = 16,941 \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \approx 106 \text{ barriles}$$

- **Datos Miniaspersor:**

1. Modelo: Miniaspersor **smoth drive**
2. Diámetro Mojado: 20 m
3. Caudal: 48 lph
4. Presión de Trabajo: 2 bar
5. Marco de riego: 3.5 x 3.5m (36 m<sup>2</sup>)

- **Cálculo del Número de Miniaspersores:**

$$N = \frac{\text{Area a Regar}}{\text{Area efectiva}}$$

$$N = \frac{2,400m^2}{120m^2}$$

$$N = 20 \text{ miniaspersores}$$

- **Cálculo del Gasto por cada Miniaspersor:**

$$Q = \frac{\text{Norma Bruta}}{\text{Numero de Miniaspersores}}$$

- **Cálculo del Tiempo de Riego:**

$$\text{Tiempo de Riego} = \frac{\text{Gasto por Miniaspersor}}{\text{Caudal}}$$

## ACTIVIDADES

- ✓ Lo primero que se realizará será conocer las partes que componen un Miniaspersor, para lo cual se utilizará un modelo de miniaspersores (**smoth drive**) y se explicará las partes que lo conforman y la función de cada una de ellas.
- ✓ En el aula se realizará un ejercicio para determinar de forma rápida y precisa el tiempo de riego en un diseño por Miniaspersión, utilizando el modelo **smoth drive**.
- ✓ Posteriormente nos dirigiremos al campo para instalar un sistema de riego por Miniaspersión.
- ✓ El sistema a instalar estará conformado por un total de 4 laterales, moviéndose a un solo lado de la maestra, con el fin de observar el correcto funcionamiento y disposición en el campo.

- ✓ Se realizarán de forma rápida, mediciones de algunas características (Presión de Trabajo, Radio de Alcance y Coeficiente de Uniformidad), para evaluar el diseño del sistema de riego y el funcionamiento de los miniaspersores.
  - ✓ En la libreta de campo se anotarán todos los datos recolectados, para su posterior procesamiento y entrega de resultados
- a) Una vez terminadas las mediciones, se desinstalará el sistema de riego y se guardarán todos los accesorios y tuberías utilizados en la bodega del CEA-UNI.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- <https://www.senninger.com/sites/senninger.hunterindustries.com/files/smooth-drive-aspensor-cutsheet.pdf>
- [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-articulo\\_riego\\_presurizado.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-articulo_riego_presurizado.pdf)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA  
UNI – RUPAP**

**GUIA DE PRÁCTICAS DE CAMPO  
DE DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO Y DRENAJE**

**“RIEGO POR ASPERSION”**

**PRÁCTICA No. 3:  
Características hidráulicas del riego por aspersión**

**MANAGUA, NICARAGUA  
DICIEMBRE 2019**

### **7.5.3. PRÁCTICA No. 3**

#### **✓ Características Hidráulicas del Riego por Aspersión.**

#### **OBJETIVOS**

- a) Conocer las partes que conforman un aspersor de impacto.
- b) Conocer el funcionamiento de diferentes modelos de aspersores.
- c) Determinar el Radio de Alcance del aspersor en el campo y a través de fórmulas experimentales.
- d) Realizar el cálculo de la intensidad de la lluvia del Aspersor.
- e) Realizar in situ la medición de la presión a la salida de la boquilla del aspersor.

#### **INTRODUCCIÓN**

El riego por aspersión es un sistema de riego en el que el agua se aplica en forma de una lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo de que se infiltre en el mismo punto donde cae. Una vez en el suelo el agua se infiltrará hasta capas más profundas, quedando a disposición de las plantas. Este proceso de infiltración no sólo dependerá de las características de los aspersores sino también de las propias características físicas del suelo.

#### **MATERIALES**

- Bomba de 3 HP
- Tubería PVC
- Microaspersores Smooth Drive
- Cinta Métrica
- Manómetro de Glicerina con acoplamiento para boquilla de aspersor o tubo de pitot
- Recipiente con capacidad de 5 galón y 1 galón
- Cronometro
- Catálogos



- Libreta de campo
- Calculadora

## ACTIVIDADES

- ✓ Utilizando el modelo de aspersor Smoot Drive, se explicaran las partes que conforman un aspersor y la función que realizan en el mismo.
- ✓ Luego de conocer las partes del aspersor, se explicará cómo se utilizan los catálogos de los fabricantes y la información que ellos contienen.
- ✓ Una vez conociendo el funcionamiento del aspersor, se instalará un lateral de riego por aspersión demostrativo, con el modelo de aspersor, para observar el funcionamiento.
- ✓ Una vez instalado el lateral con el aspersor, se pondrá a funcionar el equipo de bombeo y se dejará estabilizar el riego por unos minutos.
- ✓ Después de transcurrido cierto tiempo, con la cinta métrica se medirá la distancia recorrida por el chorro de agua que sale del aspersor (Radio de Alcance in situ), iniciando desde la base del elevador del aspersor hasta donde llegue el final del chorro de agua que sale de la boquilla.
- ✓ Luego haciendo uso del catálogo, se buscará el modelo del aspersor, el diámetro de la boquilla y la presión de trabajo; datos que se introducirá en la fórmula de Zumker para calcula el radio de alcance teórico.

$$R = 1.5 h_0 \left( 1 - \frac{0.95 h_0}{1.9 + h_0} \right) \sqrt{1000d}$$

**Dónde:**

R = Radio de alcance (m).

$h_0$  = Presión de trabajo del aspersor (m).

d = Diámetro de la boquilla (m).

- ✓ Posteriormente con los recipientes de capacidades de 5 galones y 1 galón, se aforara el aspersor para conocer el gasto real del mismo.
- ✓ Con los datos del catálogo (Presión de trabajo y diámetro de la boquilla), se calculará el gasto teórico a través de la siguiente fórmula:

Para el caso de aspersores con una boquilla:

$$q_{\text{teorico}} = 3.48d^2\sqrt{h_0}$$

Para el caso de aspersores con dos boquillas:

$$q_{\text{teorico}} = 3.48(d_1^2 + d_2^2)\sqrt{h_0}$$

**Dónde:**

$q_{\text{teórico}}$  = Caudal teórico del aspersor (m<sup>3</sup>/s).

$d$  = Diámetro de la boquilla (m).

$h_0$  = Presión de trabajo del aspersor (m).

- ✓ Una vez determinado el gasto real y el gasto teórico, se procederá a calcular el coeficiente de gasto del aspersor ( $C_g$ ), a través de la siguiente fórmula:

$$C_g = \frac{q_{\text{real}}}{q_{\text{teorico}}}$$

- ✓ Después de haber determinado el coeficiente de gasto, se comprobará la presión a la cual están trabajando el aspersor, para lo cual se hará uso del manómetro de glicerina; con el que se medirá la presión, colocando la punta del tubo de pitot dentro de la boquilla del aspersor.

- ✓ En la libreta de campo se anotará la presión que se marca en la aguja del manómetro, la cual se comparará con los datos del catálogo del fabricante.

- **Partes de un Aspersor**

Los aspersores son equipos en los cuales el impacto del agua sobre una pieza móvil produce un desplazamiento del chorro de agua a lo largo de un recorrido predeterminado. Las partes más importantes pueden verse en el ejemplo de la figura.



- **Radio de alcance**

Es la distancia que recorre el chorro principal, medido desde la base del aspersor con el equipo detenido sin girar y a cero vientos; es un importante parámetro ya que determina el espaciamiento entre aspersores y laterales.

El radio de alcance es uno de los parámetros brindados por el fabricante; el cual en caso de no contar con este dato en los catálogos, se puede calcular por formulas experimentales diseñadas por los investigadores Zumker y Pikalov.

- **Calidad de la Lluvia del Aspersor (Índice de Grosor IG)**

Depende del diseño geométrico del aspersor y las boquillas, de su presión de trabajo y de las condiciones del viento. El agua de lluvia ha de distribuirse de modo que el impacto de las gotas y la intensidad de lluvia no perjudiquen la condición física del cultivo o del suelo, logrando la máxima uniformidad posible. La dispersión

La finura de pulverización y por tanto el grosor de las gotas de agua está en relación con el diámetro y la presión en las boquillas. Es lo que constituye el índice de

potencia, o finura de pulverización, que mide el tipo de chorro (gotas gruesas, finas o medianas). Si las gotas gruesas pueden destruir la estructura del suelo, las finas pueden ser arrastradas por el viento.

El tipo de lluvia que nos interese dependerá del tipo de terreno y otros factores.

Así por ejemplo, una lluvia fina nos interesa para el riego de remolacha que no ha nacido, pues con una gota gruesa impactará el terreno y no nacerá.

El grosor de las gotas se determina por el índice de grosor (IG). Para calcular IG se tendrá en cuenta la presión y el diámetro con la boquilla seleccionada.

El grosor de las gotas se determina por el índice de grosor (IG). Para calcular IG se tendrá en cuenta la presión y el diámetro con la boquilla seleccionada.

$$IG = 12.85 \frac{H^{1.3}}{D}$$

**Dónde:**

IG = Índice de grosor de la gota.

H = Presión del aspersor (Kg/cm<sup>2</sup>).

D = Diámetro de la boquilla (mm).

- **Parámetros de evaluación:**

IG<7 Gotas gruesas.

IG>17 Gotas finas.

IG 7 a 17 Grosor de gotas recomendable.

- **Coeficiente de Gasto Real**

Para determinar el caudal de un aspersor se inserta una manguera en cada una de las boquillas (si el aspersor es de doble boquilla), se introducen en un recipiente calibrado tomando el tiempo que demora en llenarse el recipiente. Introduciendo los datos obtenidos en la formula:

$$q = \frac{\text{volumen (L)}}{\text{tiempo (seg)}}$$

- **Determinación de la Intensidad de aplicación del aspersor ( $I_a$ )**

Este parámetro se emplea para definir la intensidad de la lluvia del aspersor seleccionado. Para calcular la cantidad de agua que eroga un aspersor en el marco de riego seleccionado y que será almacenada como lámina de agua en el suelo, se puede determinar por medio de la siguiente expresión:

$$I_a = \frac{Q_a * 3600}{E_a * E_l}$$

**Dónde:**

$I_a$  = Intensidad de aplicación (mm / Hora).

$Q_a$  = Gasto del aspersor (L/seg.).

$E_a$  = Espaciamiento entre aspersores (m).

$E_l$  = Espaciamiento entre laterales (m).

- **Comprobación del funcionamiento homogéneo de los aspersores**

✓ Comprobación de Presiones

Los aspersores funcionarán de manera homogénea si se cumple:

- Que son iguales, están en buen estado y tienen la misma boquilla no desgastada.
- Les llega una presión lo más parecida posible.
- Si cada aspersor comprobado echa un caudal diferente, por encima del 10%, suele ser mala señal.



Para comprobar esto, además de la comprobación física respecto al estado, modelo y desgaste, se realiza con un manómetro al que se le acopla un cono que pueda entrar en la boca del aspersor (Tubo de Pitot). Y en pleno funcionamiento del aspersor se tapa la salida con él y se anota la presión que marca el manómetro.

Esto se hace en algunos ramales, tomando la presión en el primer aspersor, en el primer tercio y al final del mismo. Una norma básica, aunque extrema, es que la diferencia de presión entre el primer aspersor y el último en un ramal no debe ser superior al 20% de la presión nominal del aspersor (es decir a la presión a la que debería funcionar el aspersor, según está en el catálogo comercial. Además, al comienzo del ramal debiera haber un 15% de presión por encima de la presión nominal del aspersor, para que el último aspersor en ningún caso funcione por debajo del 5% de la presión nominal del aspersor.

Es posible que, si la instalación es vieja, no sepamos la presión nominal del aspersor, entonces nos conformaremos con que no haya una diferencia del 20% en la presión medida al comienzo y al final del aspersor y comprobaremos que el chorro sale con fuerza y el aspersor gira bien.

Conviene verificar también el alcance real de los aspersores para comprobar si es adecuado al marco de riego, tal como se explicó en su momento.

Comprobar también que el marco es regular en toda la parcela (si es 12 x 12, por ejemplo, que no hay tramos con otros marcos).

### Tabla de datos de campo:

Tabla No 1: Características hidráulicas de los aspersores.

Aspersor	Caudal (gpm)	Presión (psi)	Radio de alcance (m)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

### BIBLIOGRAFÍA

- <https://www.senninger.com/sites/senninger.hunterindustries.com/files/smooth-drive-aspersor-cutsheet.pdf>
- <https://hablemosdeculturas.com/aspersor/>
- <https://www.ecured.cu/Aspersor>
- <https://www.novagric.com/es/riego/materiales-de-riego/aspersores-de-riego>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA  
UNI – RUPAP**

**GUIA DE PRÁCTICAS DE CAMPO  
DE DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO Y DRENAJE**

**“RIEGO POR ASPERSION”**

**PRÁCTICA No. 4:  
Determinación del coeficiente de uniformidad del Riego  
por Aspersión**

**MANAGUA, NICARAGUA  
DICIEMBRE 2019**



#### **7.5.4. PRÁCTICA No. 4**

##### **✓ Determinación de Coeficiente de Uniformidad del Riego por Aspersión.**

#### **OBJETIVOS**

- a) Observar el funcionamiento y la disposición de los aspersores en el sistema de riego instalado.
- b) Determinar el Coeficiente de Uniformidad del sistema de riego por aspersión empleando la metodología de Christiansen.
- c) Verificar que el marco y espaciamiento entre aspersores y laterales sea el adecuado.

#### **INTRODUCCIÓN**

Una de las principales características del sistema de riego por aspersión es que el agua, una vez que sale del aspersor, queda fuera de control, totalmente a merced de las condiciones climáticas, que condicionarán en gran medida la uniformidad de aplicación. El viento es el elemento que mayores problemas de uniformidad en el reparto del agua puede crear, al distorsionar la trayectoria del chorro de agua, lo que puede dar lugar a un desarrollo poco homogéneo del área del cultivo que se riegue con este sistema. Otro aspecto que afecta a la eficiencia de aplicación es la evaporación de las gotas de agua emitidas por el aspersor antes de llegar al suelo, situación que puede producirse en ambientes muy cálidos y secos. Esta circunstancia obliga a controlar el tamaño de gota generado por los aspersores, ya que si éste es muy reducido, las pérdidas por evaporación pueden ser muy elevadas.

El coeficiente de uniformidad fue desarrollado por Christiansen (1942). Es una representación estadística de la uniformidad, utilizado principalmente en los sistemas de aspersión; es el parámetro de uniformidad de uso más generalizado. Se calcula con datos referentes a observaciones en el terreno o niveles que alcanza

el agua en botes abiertos colocados a intervalos regulares dentro de un área sujeta a aspersión. En un sistema de riego por aspersión estacionario se recomiendan valores de CU mayores al 80% (aunque depende de la velocidad del viento).

## **MATERIALES**

- Equipo de Bombeo
- Aspersores de Impacto Plásticos
- Tuberías de PVC
- Accesorios PVC (Codos, Tee, Reductores, etc.)
- Pluviómetros
- Probeta Graduada de 100 ML
- Cronometro
- Cinta Métrica
- Libreta de Campo

## **MARCO TEÓRICO**

- **Evaluación de aspersores**

Antes poner en marcha un nuevo sistema de riego es recomendable realizar una evaluación integral con el fin de determinar si los parámetros en el campo corresponden a los del proyecto, lo mismo ocurre con aquellos sistemas que llevan algunos años funcionando con el fin de determinar si algunos de sus componentes han perdido las características originales, en otros casos no sabemos con exactitud la pluviométrica que aportan los aspersores y si estos están trabajando con la presión adecuada en este caso los valores que se obtienen en la evolución permiten corregir los parámetros de explotación para lograr mayor eficiencia en el riego.

- **Determinación de la uniformidad de entrega de los aspersores**

Se ha adoptado un índice del grado de uniformidad obtenida para aspersores (Christiansen) de cualquier tamaño, funcionando en ciertas condiciones que se conoce como coeficiente de uniformidad (CU). Este coeficiente está afectado por la relación de tamaño boquilla-presión, por el espaciamiento de los aspersores y por el viento. Se calcula con datos referentes a observaciones en el terreno o niveles que alcanza el agua en botes abiertos colocados a intervalos regulares dentro de un área sujeta a aspersión.

- **Criterio de Uniformidad Recomendado por la FAO en dependencia del tipo de Cultivo:**

Cultivo	CU
Frutales o forrajes con sistema radicular profundo	70 - 82
Cultivos extensivos con sistemas radicular de profundos a medios	80 - 88
Cultivos sensibles con poca profundidad radicular	> 88

Un criterio más preciso para determinar el CU de uniformidad recomendado para cada cultivo es el recomendado por la **FAO**, tiene en cuenta la pluviometría deficitaria y excedente con relación a la media aplicada.

Zonas	Lecturas con relación a la media
Registros medios	90 – 110%
Con déficit de agua	< 90 %
Con exceso de agua	> 110 %

Al realizar la evaluación los registros pluviométricos para un cultivo determinado, estos deben cumplir los tres requisitos siguientes:

Separación entre plantas	Zona deficitaria inferior a	Zona con sobrante menor de	Cu de al menos
Metros		%	
0-2	10	10	85
2-4	15	15	80
4-6	20	20	75
Más de 6	25	25	65

Es bueno destacar que los valores de este coeficiente son en la superficie del terreno, ya que al penetrar en el suelo ocurre cierta migración del agua de las partes más húmedas a las más secas en dependencia de las características del suelo y por tanto una mejora en la distribución, sobre todo si se emplean aspersores de baja intensidad.

Existen software que facilitan enormemente la evaluación de los aspersores, ellos permiten evaluar un único aspersor y después de introducir los datos en dicho software, determinar todos los parámetros para distintos grados de solapamiento y además obtener los gráficos tridimensionales del aspersor y de los distintos grados de solapamiento.

- **Procedimiento para la realización de la evaluación en un sistema previamente instalado**

- ✓ **Selección del área**

Determinar la zona más representativa del sistema, debe estar en la parte media que no sea una parte alta ni baja del sistema.

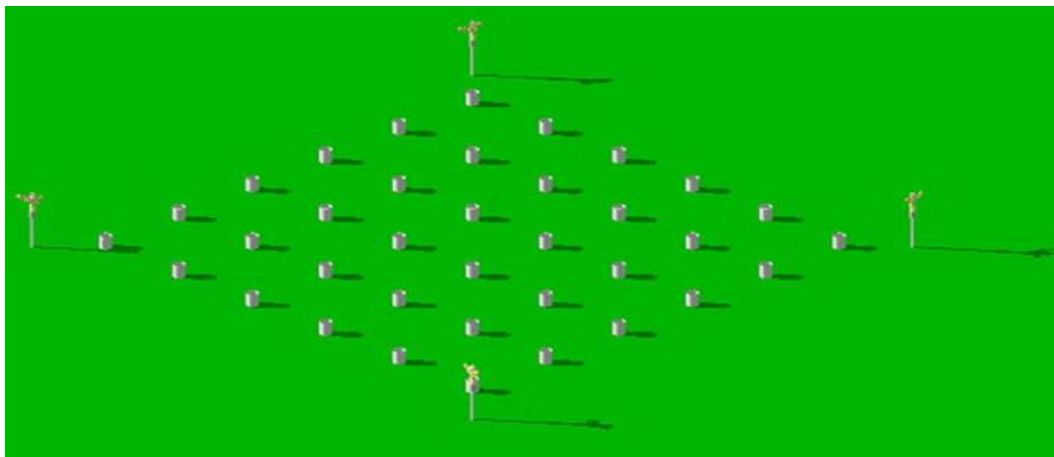
En sistemas estacionarios se seleccionaran dos laterales consecutivos, en caso de sistemas móviles o semi-móviles se colocarán dos laterales en paralelo verificando que la tubería maestra o principal donde se instalen tenga capacidad suficiente para los dos laterales. Se selecciona cuatro aspersores situados a  $1/3$  de la longitud total del lateral.

- ✓ **Mediciones preliminares**

- Medir el espaciamiento entre laterales y aspersores.
- Determinar la altura del elevador de los aspersores.
- Medir los diámetros de las boquillas de los cuatro aspersores.
- Medir la red de pluviómetros y colocar los pluviómetros.

La distancia entre pluviómetros será de 1 a 3 m en dependencia del alcance de los aspersores las columnas y filas próximas a los aspersores se ubicarán a 1/2 de la distancia entre pluviómetros.

Inmediatamente después de ubicados los pluviómetros comenzar el riego.



#### ✓ Mediciones durante el riego

- Desbloquear los aspersores.
- Medir la presión de los aspersores.
- Determinar el gasto de los aspersores.
- Medir la velocidad del viento.
- Medir la presión del primer y último aspersor de los dos laterales.
- Determinar el radio mojado.

El tiempo de riego para la evaluación será igual o mayor a 1 hora.

Al finalizar el riego se procede a medir los resultados pluviométricos anotándolos en el registro.

## **ACTIVIDADES DURANTE LA PRÁCTICA**

- a) Lo primero que se realizará será instalar el sistema de riego por aspersión con cuatro laterales de riego.
- b) Luego se etiquetaran los pluviómetros para tener un mejor control a la hora de anotar los datos, como mínimo se utilizaran 36 pluviómetros.
- c) Una vez instalado el sistema de riego y los aspersores colocados en su posición, se ubicará una red de vasos pluviométricos, formando una malla de 1 x 1 metro, entre ambos laterales.
- d) Colocados los pluviómetros se pondrá a funcionar el sistema y se toma el tiempo de inicio.
- e) Después de transcurrido una hora, se detendrá el riego y se medirán los niveles de agua que recogió cada pluviómetro, utilizando para ello la probeta graduada de 100 ml.
- f) En la libreta de campo se anotará el volumen medido de cada pluviómetro previamente etiquetado.
- g) Posteriormente se realizarán los cálculos del coeficiente de uniformidad del sistema de riego.

## **ACTIVIDADES DESPUES DE LA PRÁCTICA**

- a) Calcular el grosor de las gotas del aspersor.
- b) Calcular la intensidad de aplicación del aspersor (la en mm/hr).
- c) Calcular el coeficiente de uniformidad del sistema de riego.
- d) Determinar la eficiencia de aplicación de los aspersores.
- e) Determinar si la intensidad de aplicación del aspersor cumple con la condición: Intensidad de aplicación menor e igual a la velocidad de infiltración. Explique (investigar la infiltración de la zona de la práctica). Este aspersor es adecuado para este tipo de suelo.
- f) Entregar informe.

## FORMULAS A UTILIZAR

- **Cálculo de la altura de la lluvia en cada pluviómetro**

$$X = 10 \frac{V}{A}$$

**Dónde:**

X = Altura de agua medida en cada pluviómetro (mm).

V = Volumen de agua de cada pluviómetro (ml).

A = Área de la boca de cada pluviómetro (cm<sup>2</sup>).

- **Cálculo del grosor de las gotas**

El grosor de las gotas se determina por el índice de grosor (IG). Para calcular IG se tendrá en cuenta la presión y el diámetro con la boquilla seleccionada.

$$IG = 12.85 \frac{H^{1.3}}{D}$$

**Dónde:**

IG = Índice de grosor de la gota.

H = Presión del aspersor (Kg/cm<sup>2</sup>).

D = Diámetro de la boquilla (mm).

- **Parámetros de evaluación:**

IG<7 Gotas gruesas.

IG>17 Gotas finas.

IG 7 a 17 Grosor de gotas recomendable.

- **Cálculo de la intensidad de aplicación del aspersor unitario**

$$Ia = \frac{Qa * 3600}{Ea * El}$$

**Dónde:**

Ia = Intensidad de aplicación del aspersor unitario (mm/hora).

Qa = Gasto del aspersor (litros/segundo).

Ea = Espaciamiento entre aspersores (m).

El = Espaciamiento entre laterales (m).

- **Cálculo de intensidad de aplicación en campo:**

$$Ip = \frac{X}{T}$$

**Dónde:**

Ip = Intensidad de aplicación en campo (mm/hora).

X = Media de la lectura de los pluviómetros (mm).

T = Tiempo de duración de la evaluación (Horas).

- **Determinación de la eficiencia de aplicación del riego (Efa)**

$$Efa = \frac{Ip}{Ia} * 100$$

**Dónde:**

Efa = Eficiencia de aplicación del sistema de riego (%).

Ip = Intensidad de aplicación en campo (mm/hora).

Ia = Intensidad de aplicación del aspersor unitario (mm/hora).



- **Determinación de la uniformidad del lateral**

Si no se tiene la presión de operación del aspersor (Presión Nominal “PN”), se determina la presión media entre la inicial y final y se asume este valor como PN.

$$Pa = 0.2 * PN \geq (Pi - Pf)$$

- **Cálculo del coeficiente de uniformidad (CU) de Christiansen**

$$CU\% = 100 * \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - X|}{nX} \right)$$

**Dónde:**

$X_i$ = Altura del agua recogida por cada pluviómetro (mm).

$X$ = altura media del agua recogida en el total de los pluviómetros (mm).

$X_i - X$ = Sumatoria de los valores de los desvíos de cada una de las observaciones ( $X_i$ ) con respecto a la media ( $X$ ).

$n$  = Número total de pluviómetros que intervienen en la evaluación.

**Tabla de datos de campo:**

**Tabla No 1: Características hidráulicas de los aspersores.**

Aspersor	Caudal (gpm)	Presión (psi)	Radio de alcance (m)
1			
2			
3			
4			

**Tabla No 2: Observaciones del agua recogida por los pluviómetros.**

Posición	Obs. (mm)	Posición	Obs. (mm)	Posición	Obs. (mm)

## **BIBLIOGRAFÍA**

- <http://ri.ues.edu.sv/14495/1/13100106.pdf>
- [http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%209.%20Riego%20por%20asersion/page\\_18.htm](http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%209.%20Riego%20por%20asersion/page_18.htm)
- [http://crea.uclm.es/crea/descargas/\\_files/El\\_Riego\\_y\\_sus\\_Tecnologias.pdf](http://crea.uclm.es/crea/descargas/_files/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA  
UNI – RUPAP**

**GUIA DE PRÁCTICAS DE CAMPO  
DE DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO Y DRENAJE**

**“RIEGO LOCALIZADO DE ALTA FRECUENCIA”**

**PRÁCTICA No. 5:  
Componentes e instalación de un cabezal de riego**

**MANAGUA, NICARAGUA  
DICIEMBRE 2019**

### 7.5.5. PRÁCTICA No. 5

#### ✓ Componentes e Instalación de un Cabezal de Riego

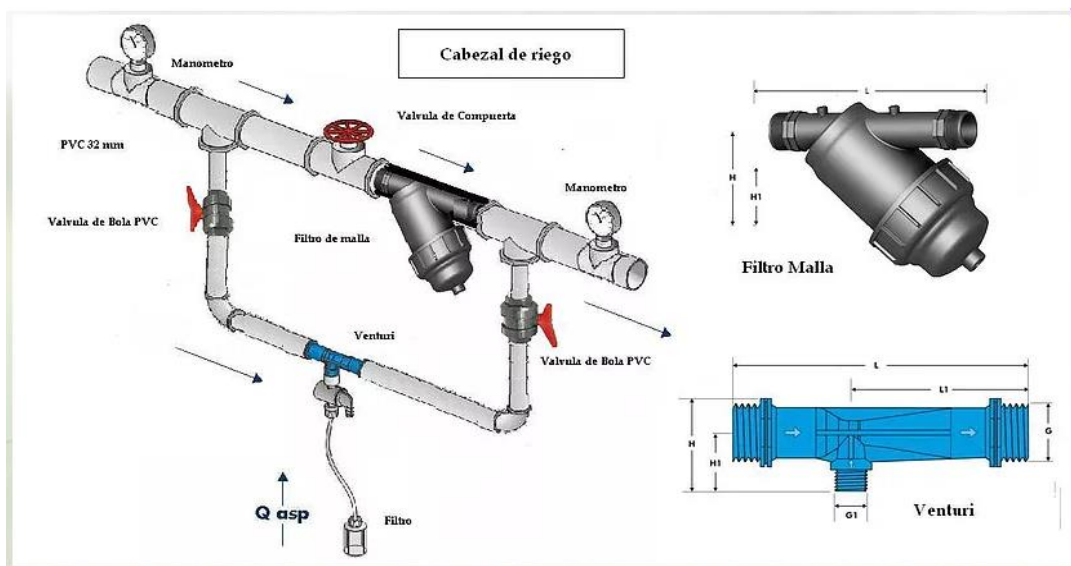
#### OBJETIVOS

- a) Conocer los componentes de un cabezal de Riego y su funcionamiento.
- b) Instalar un Cabezal de Riego en el Centro Experimental Agrícola para un sistema de riego localizado.

#### INTRODUCCIÓN

El cabezal de Riego es una de las partes más importantes en una unidad de riego, en él se colocan todos los dispositivos que regulan la presión y caudales para el buen funcionamiento del sistema de riego.

Está constituido por los sistemas de impulsión, fertirrigación y filtrado.



## **MATERIALES**

- ✓ Accesorios de PVC: Codos, Tee, Adaptadores, Reductores, etc.
- ✓ Filtro de Malla de 1"
- ✓ Válvula de Compuerta de 2"
- ✓ Manómetro de Glicerina 0-100PSI
- ✓ Inyector Venturi de  $\frac{3}{4}$ "
- ✓ Válvulas de Globo de  $\frac{3}{4}$ "
- ✓ Uniones Universales de  $\frac{3}{4}$ "
- ✓ Pegamento PVC
- ✓ Bombas de 1 y 1.5 HP

## **MARCO TEÓRICO**

- **Sistema de Impulsión**

Sólo es necesaria su instalación en el caso en que el agua no llegue a la finca con suficiente presión. Para ello se emplean las bombas de riego, que suelen ser centrífugas, normalmente accionadas por motores eléctricos, o motores de combustión (gasolina o diésel) cuando no se dispone de electricidad.

- **Sistema de Fertilización**

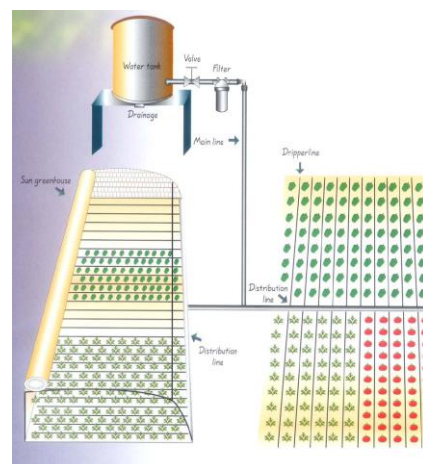
Mediante este sistema se incorporan y distribuyen a través del agua de riego los abonos, productos fitosanitarios y otros tipos de productos a aportar al cultivo. Aún es común el uso de "abonadoras" o tanques de fertilización, aunque cada vez son más empleados los sistemas que introducen los fertilizantes mediante inyectores venturi o por bombas de inyección e incluso aquéllos en los que la incorporación se realiza aprovechando la aspiración del equipo de impulsión.

Los sistemas en los que se emplea la inyección generalmente están constituidos por un depósito abierto, donde se prepara la solución de fertilizantes, desde donde

se inyecta a la red de riego a una presión superior, mediante una bomba inyectora de pistón o membrana, que puede ser hidráulica o estar accionada por un motor eléctrico o de combustión. Es recomendable la colocación de agitadores, normalmente de inyección de aire (burbujas) o de hélice, para mantener homogénea la disolución y evitar precipitaciones. La inyección de fertilizantes se realiza de forma más constante que en el caso de las abonadoras a lo largo del tiempo de riego.

- **Para fertirrigar mediante la programación de inyectoros se requieren los siguientes elementos básicos:**

- ✓ Un programador, con programa para controlar el funcionamiento del equipo.
- ✓ Uno o varios depósitos, en los que se preparan las soluciones de abonado.
- ✓ Una o varias bombas inyectoras (según sea el número de depósitos), que aspiran las soluciones y las introducen la red de riego.
- ✓ Otros elementos colocados en función de la complejidad de la instalación como: contadores de agua con emisor de impulsos, electroválvulas, placa convertidor de señales, medidores de CE y pH, etc.



Esquema de un cabezal de Riego sencillo.

La dosificación de los abonos se puede realizar de dos formas: teniendo en cuenta el volumen de agua de riego, estableciendo los porcentajes de los distintos depósitos, ó estableciendo un tiempo de inyección. En ambos casos la inyección de los fertilizantes es uniforme a lo largo del tiempo de riego.

Los equipos de fertirrigación con Venturi sin programadores, presentan la ventaja de no necesitar energía eléctrica o combustible para su funcionamiento, al igual que ocurre con las “abonadoras”. Generalmente constan de:

- Dos o más depósitos para los fertilizantes.
- Igual número de Venturi, que succionan la solución de cada uno de los depósitos y la introducen en la red de riego.

La succión del venturi se produce debido a la alta presión que se origina a la entrada y a la baja presión a la salida y es necesario que se produzca una diferencia de presión mínima de 5 m.c.a. para que tenga lugar la succión.

El control del aporte de fertilizantes puede realizarse teniendo en cuenta las mediciones de pH y CE, actuando sobre las llaves que regulan los venturi, o midiendo los caudales inyectados mediante rotámetros y manipulando las llaves de regulación que están colocadas junto a los rotámetros a la salida de los depósitos. También pueden combinarse ambos sistemas.

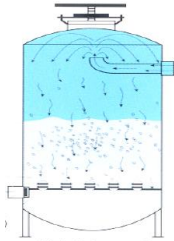
Los equipos de fertirrigación automáticos controlados por programador permiten un buen control de la fertirrigación y su implantación en los invernaderos ha ido asociada a la de los cultivos sin suelo. Normalmente están constituidos por:

- Un programador.
- Depósitos con soluciones fertilizantes.
- Bombas inyectoras o venturi para la aspiración de las soluciones nutritivas.
- Otros elementos, dependiendo de la complejidad del sistema, como: electroválvulas, sondas para la medida del pH, CE, radiación, etc. contadores de agua, placas convertidoras de señales, etc.
- En ocasiones se dispone de un ordenador que se utiliza para almacenar la información y posteriormente procesarla.

El control del aporte de fertilizantes generalmente se realiza mediante la introducción de unas consignas de pH y CE en el programa de fertirrigación y además pueden establecerse porcentajes de tiempo de inyección para los distintos depósitos.

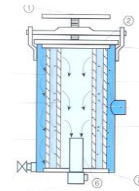
- **Sistema de Filtrado**

El equipo de filtrado es fundamental para evitar posibles obturaciones en el pequeño diámetro del conducto del gotero.



**Filtro de Arena**

Suelen utilizarse filtros de arena, filtros de malla o filtros de anillas y es común que aparezcan a la vez filtros de malla y de anillas en el cabezal de riego y filtros de malla en la red de distribución.

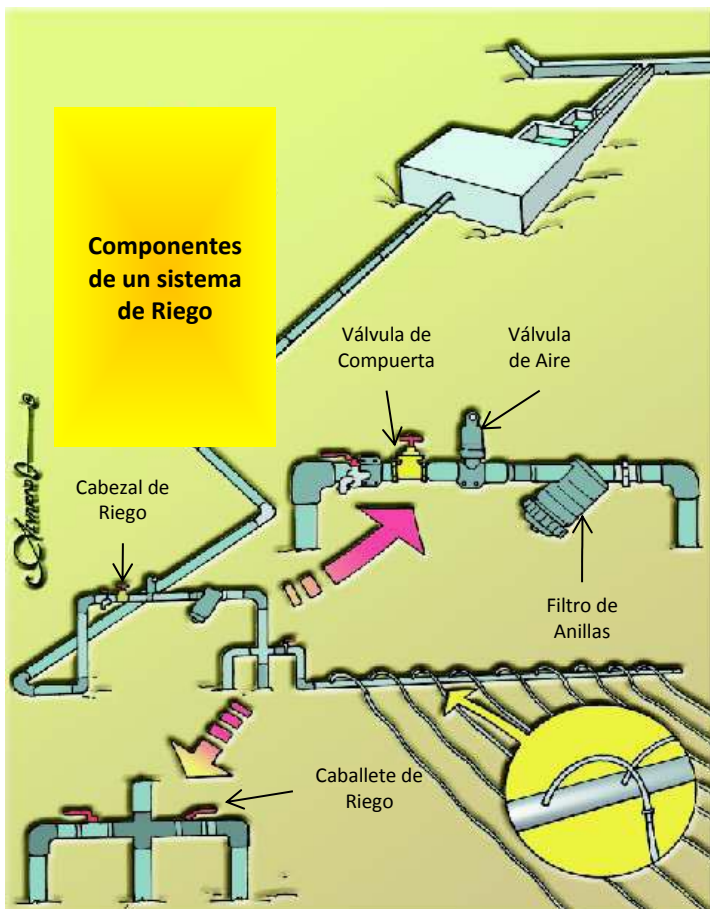


**Filtro de Malla**

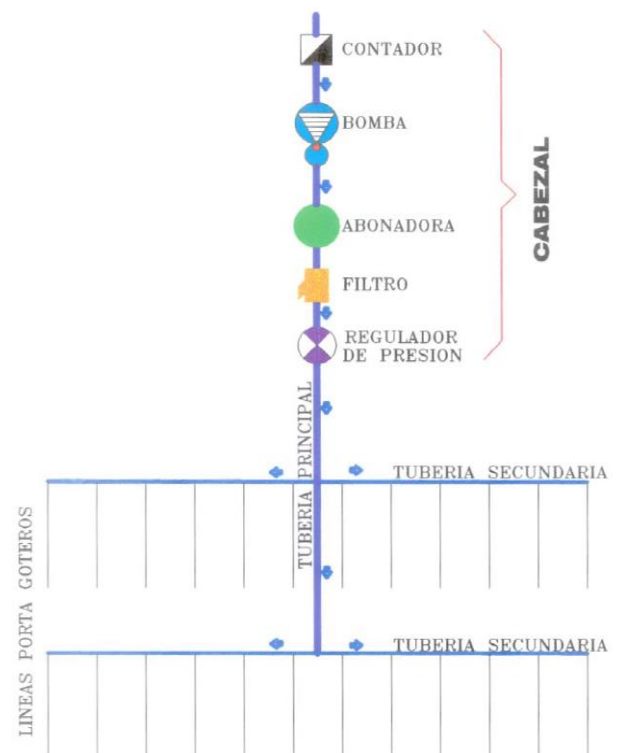
Todos los elementos de este sistema mantienen un mantenimiento periódico, para lo cual es necesario colocar manómetros antes y después de éstos,



requieren de un útil procediendo a la limpieza cuando se rebase una “diferencia de presión máxima aceptable” que normalmente se establece en 5 mca (metros de columna de agua).



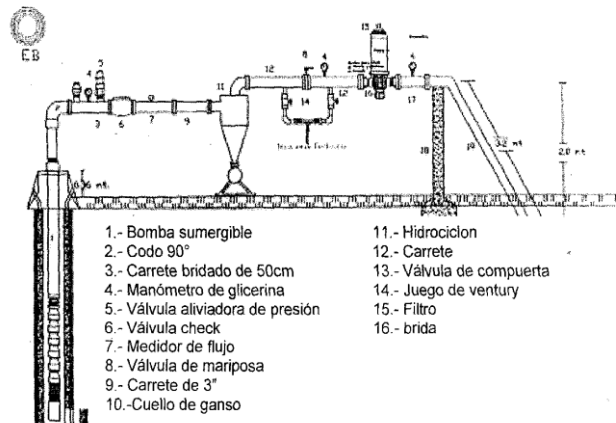
## ESQUEMA DE RIEGO





## ACTIVIDADES

- a) En el aula de clases, se explicara el funcionamiento cada uno de los componentes que conformaran el cabezal de riego.



- b) Se detallara por medio de un esquema la disposición de cada componente en el cabezal.
- c) Posteriormente nos dirigiremos a la parcela donde se instalará el cabezal de riego, siguiendo el esquema de instalación.
- d) Una vez instalado se accionará la bomba para observar su funcionamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- <https://www.novagric.com/es/riego/materiales-de-riego/cabezales-de-riego>
- [https://www.google.com/search?q=componentes+e+instalacion+de+un+cabezal+de+riego&rlz=1C1CHBD\\_esNI871NI871&sxsrf=ACYBGNQFFo\\_vF6juUvnZomJ8gqn1TOBDIJq:1575481622643&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiG0N6zxpzmAhUho1kKHWmsDMIQ\\_AUoAXoECAsQAw&biw=1600&bih=757#imgsrc=EdUpQIlqQHzwiM:](https://www.google.com/search?q=componentes+e+instalacion+de+un+cabezal+de+riego&rlz=1C1CHBD_esNI871NI871&sxsrf=ACYBGNQFFo_vF6juUvnZomJ8gqn1TOBDIJq:1575481622643&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiG0N6zxpzmAhUho1kKHWmsDMIQ_AUoAXoECAsQAw&biw=1600&bih=757#imgsrc=EdUpQIlqQHzwiM:)
- [https://www.google.com/search?q=componentes+e+instalacion+de+un+cabezal+de+riego&rlz=1C1CHBD\\_esNI871NI871&sxsrf=ACYBGNQFFo\\_vF6juUvnZomJ8gqn1TOBDIJq:1575481622643&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiG0N6zxpzmAhUho1kKHWmsDMIQ\\_AUoAXoECAsQAw&biw=1600&bih=757#imgsrc=3Lv2VKKT3ndXCM:](https://www.google.com/search?q=componentes+e+instalacion+de+un+cabezal+de+riego&rlz=1C1CHBD_esNI871NI871&sxsrf=ACYBGNQFFo_vF6juUvnZomJ8gqn1TOBDIJq:1575481622643&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiG0N6zxpzmAhUho1kKHWmsDMIQ_AUoAXoECAsQAw&biw=1600&bih=757#imgsrc=3Lv2VKKT3ndXCM:)
- <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4033/1/UPS-CT001942.pdf>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA  
UNI – RUPAP**

**GUIA DE PRÁCTICAS DE CAMPO  
DE DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO Y DRENAJE**

**“RIEGO LOCALIZADO DE ALTA FRECUENCIA”**

**PRÁCTICA No. 6:**

**Diseño e Instalación de un sistema de riego por  
Microaspersión**

**MANAGUA, NICARAGUA  
DICIEMBRE 2019**

### **7.5.6. PRÁCTICA No. 6**

#### **✓ Diseño e Instalación de Sistema de Riego por Micro-Aspersión**

### **OBJETIVOS**

- a) Conocer las partes y el funcionamiento de los microaspersores, por medio de un modelo de microaspersores utilizados en campo.
- b) Instalar un sistema de riego por microaspersión en una parcela del centro experimental agrícola.
- c) Determinar las características hidráulicas de los microaspersores instalados en campo.

### **INTRODUCCIÓN**

Es una variante del riego por aspersión, más parecida al riego localizado por la forma de aplicar el agua. En este caso, los emisores (micro-aspersores) distribuyen el agua en forma de lluvia hacia la zona del suelo ocupada por las raíces. De esta forma se consigue una uniformidad de riego equivalente a la del riego localizado, por lo que es muy útil para zonas en las que resulta difícil instalar una línea de goteo, y sobre todo, en suelos muy arenosos donde resulta complicado establecer bulbos razonables con puntos aislados de emisión. Los microaspersores se emplean generalmente para regar árboles, macizos de flores, rosales, etc. La zona humedecida por los micro-aspersores variará según la distancia a la que se instalen; se pueden conseguir círculos aislados o franjas continuas de humedad, aproximándolos para superponer las zonas de suelo mojado.

### **MATERIALES**

- Microaspersores y sus elevadores
- Tuberías de Polietileno de 20 mm
- Bridas de Acero

- Cabezal de Riego
- Manómetro de Glicerina
- Estacas de madera
- Estación de Bombeo
- Libreta de campo
- Calculadora

## MARCO TEÓRICO

Consiste en aplicar agua en forma de lluvia fina mediante dispositivos (llamados microaspersores) que la distribuyen en un radio no superior a los 3 metros.

Atendiendo su funcionamiento hidráulico, los dispositivos de Microaspersión pueden ser de largo conducto, de orificio, de remolino o autocompensante.



El riego por Microaspersión es homólogo a la aspersión en la cual la Microaspersión se diferencia de las variadas formas de aspersión convencional debido a que el caudal y la presión de cada aspersor es bajo.

En los suelos de textura gruesa (arenosa), el riego por goteo forma unos bulbos estrechos y profundos, no es suficiente para un buen desarrollo radicular.

Además el agua se profundiza demasiado y da lugar a un lavado de fertilizante y pérdida de agua ya que salen, fuera del alcance de las raíces

### • Modalidad de Riego

La Microaspersión es un riego sin superposición, ya que se observa un círculo mojado neto, siendo similar al goteo debido a que permite un humedecimiento parcial del suelo, por ello es necesario trabajar con porcentajes de humedecimiento.

Se utiliza un emisor por árbol y el diámetro de cobertura es variable y flexible, variando también el tamaño de la gota, variando la presión y adaptando o no un efecto antiniebla.

- **Componentes del Sistema**

Sin tomar en cuenta la tubería, que es similar a la de goteo, el equipo de Microaspersión está compuesto por seis partes:

- Regulador: colocado debajo del emisor, sirve para regular la presión de trabajo.
- Tubo de conexión: de plástico negro de 60 cm. de largo.
- Mariposa: de plástico negro, sirve para fijar el Microaspersor.
- Emisor: se divide en Microaspersor si es móvil ó microjet si es fijo.
- Puente: soporte donde va la tobera del emisor.
- Estaca: sostén del pico aspersor.

Existen distintos modelos de emisores, según las necesidades del cultivo y equipo, cada uno de ellos se diferencia por un color que da un caudal y demás características particulares. Por ejemplo hay redondos, de cuña, cóncavos, planos (nebulizadores) de franjas o sectoriales.

- **Ventajas del Sistema**

- Ahorro en el volumen de agua para el riego.
- El riego es sub-arbóreo, no moja la copa, menor peligro de propagación de enfermedades, evita los efectos nocivos de depósitos salinos en el follaje y menor evaporación del agua utilizada; problemas éstos que se presentan con el riego por aspersión convencional.
- Se adecua para utilizar fertirrigación.
- Necesita menor filtrado que el goteo.
- No es necesario regar con tanta frecuencia como en el goteo.

- **Limitaciones**

- ✓ Necesita que el emisor se encuentre siempre en posición vertical para funcionar eficientemente.
- ✓ Es afectado por pisoteo del personal en épocas de cosecha.
- ✓ Las malezas afectan el funcionamiento de los aspersores.
- ✓ Resulta entre un 20 a 25 % más costoso que el sistema de goteo.
- ✓ Emisores y tubos son dañados por los animales.

- **Caudales de Manejo**

- ✓ Bajo caudal: 20 - 40 lt/h., para plantaciones densas y árboles pequeños.
- ✓ Mediano caudal: 50 a 80 lt/h.
- ✓ Alto caudal: 100 - 240 lt/h. Para plantaciones con árboles de mayor tamaño.

- **Características más Importantes del Sistema de Riego por Microaspersión**

Las características más sobresalientes de los sistemas de riego por microaspersión son:

- ✓ Aplica el agua en forma de rocío.
- ✓ Un mismo Microaspersor tiene accesorios necesarios que pueden ir cambiando y adaptando las distintas etapas de desarrollo de cada especie de frutal en particular. De esta manera puede irse controlando el diámetro de rociado del Microaspersor desde 0.5m hasta 7.0 m.
- ✓ Instalación más sencilla que el riego por goteo.
- ✓ Fácil de identificarse, porque cada diámetro de boquilla tiene un color específico y determina el gasto en litros por hora en los microaspersores regulados o compensados.

- ✓ Es el único sistema de riego en el mundo que cuenta con regulador integrado, que hace la función de obtener un flujo constante a diferentes presiones y/o diferentes cotas de terreno.
- ✓ Pueden ser usados para moderar microclimas:
  - ❖ En días cálidos y secos se pueden producir un rociado por encima del árbol, las gotas de rocío absorben el calor del aire circulante, enfriándolo y aumentando la humedad del ambiente.
  - ❖ En una noche fría y helada el agua, al aplicarse por encima del follaje, calienta el ambiente, esto es debido a que el agua aplicada pierde calorías al enfriarse.
- ✓ La Microaspersión se utiliza más en árboles frutales, donde en riego por goteo, para cumplir los requerimientos de agua se tiene que utilizar doble manguera o doble línea por surco de árboles.
- ✓ El movimiento de las sales en el suelo es más apropiado en el riego por Microaspersión.
- ✓ Cuenta con un amplio rango de precipitación horaria (PPH) ya que se puede aplicar hasta 25 mm de aquí la gran aplicación a toda clase de precipitación y toda clase de texturas de suelos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/10/06/guia-de-diseno-e-instalacion-de-sistemas-de-riego-automatico-incluye-pdf/>
- <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/162/AGR-605.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MICRO-SPRINKLERS RANGE

# AZUD RAINTEC

La perfección existe  
Perfection exists

GAMA MICROASPERSION

AZUD

91000676\_01



# AZUD RAINTEC La gama perfecta

AZUD Raintec no es un microaspersor más. Es un producto bien hecho. La exigencia en nuestro trabajo nos ha llevado a la perfección. Años de trabajo e investigación para conseguir un producto impecable. AZUD les presenta la solución que estaban esperando,

AZUD Raintec. La más completa gama de microaspersión y microdifusión, con las ventajas de un producto bien pensado. Una gama modular con infinitas posibilidades en soluciones de riego.



## The perfect range

**AZUD RAINTEC** is not just another micro-sprinkler. It's a well-made product. Our strict self-demand has led us to perfection. Years of work and research to obtain an impeccable product. **AZUD** presents the solution you were waiting for, **AZUD RAINTEC**; the most complete range of micro-sprinklers and micro-jets, with the advantages of a well-studied product. A modular range with endless possibilities in irrigation solutions.

### modular modular

Gama modular con múltiples combinaciones para cubrir las necesidades de todas las instalaciones.

Modular range with multiple combinations to cover the requirements of all installations.

### fácil easy

Fácil montaje y manejo, sin herramientas, evitando costes en la instalación.

Easy assembly and handling, no tools required, saving installation costs.

### resistente resistant

Diseño optimizado para garantizar una alta resistencia y durabilidad. Fabricación con termoplásticos técnicos e inhibidores de rayos ultravioleta.

Optimized design to guarantee high resistance and durability. Produced with technical thermoplastics and ultraviolet rays inhibitors.

### seguro safe

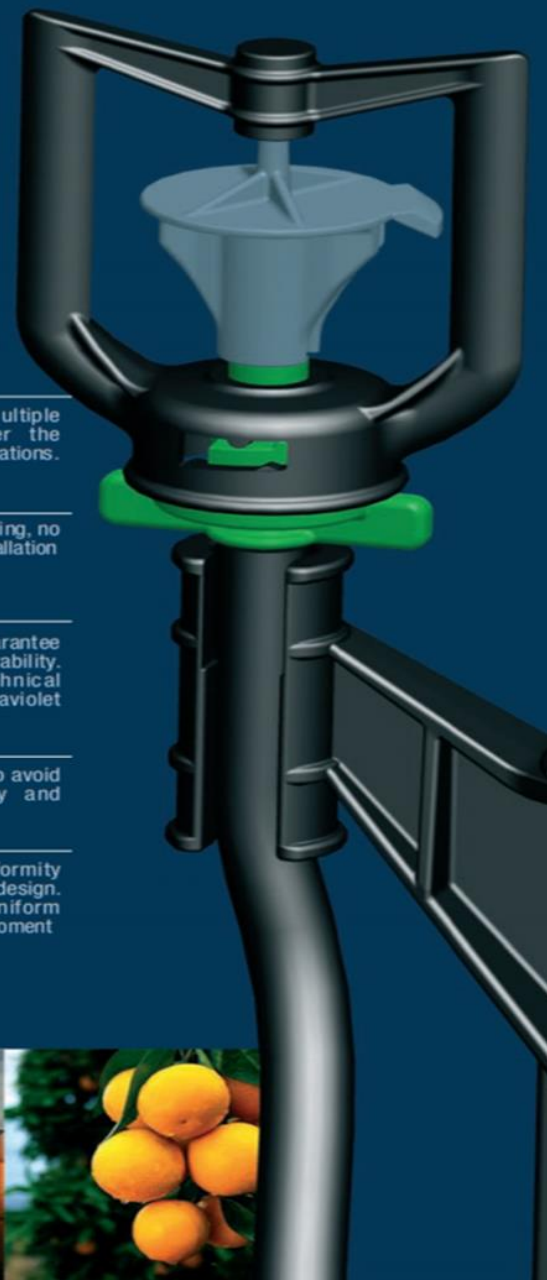
Especial sistema de bloqueo que impide el despiece accidental y evita escapes del microaspersor.

Special locking system to avoid accidental disassembly and leakage.

### uniforme y preciso uniform & accurate

Máxima uniformidad en riego por el diseño de sus componentes. Distribución compensada y uniforme desde los primeros instantes del riego.

Maximum irrigation uniformity through the components design. Compensated and uniform distribution from the first moment of irrigation.





## El diseño perfecto The perfect design

### ARCO

- Diseño simétrico.
- Evita el goteo y zonas de sombra.
- Especialmente reforzado.
- Diseño y dimensiones que favorecen la uniformidad del riego.

### FRAME

- Symmetrical design.
- Avoids leakage and shadow areas.
- Specially reinforced.
- Design and dimensions to favour the irrigation uniformity.



### ESTACA

- Diseño ergonómico, sólido y robusto.
- Dotada de zona especial para la sujeción del microtubo.
- Especialmente diseñada y reforzada para realizar la presión sin dañar el micro.
- La longitud de la estaca de microaspersión es de 35 cm.

### STAKE

- Ergonomic design, solid and strong.
- Special area for the fixing of the microtube.
- Specially designed and reinforced to make pressure without damaging the micro-sprinkler.
- The length of the micro-sprinkler stake is 35 cm.



### BOQUILLA

- Alta resistencia a la obturación.

### NOZZLE

- High resistance to clogging.

Presión Pressure (bar)	Caudal / Flow (l/h)							
	Gris Grey 30L	Blanco White 40L	Marrón Brown 50L	Azul Blue 60L	Negro Black 70L	Verde Green 80L	Rojo Red 100L	Violeta Violet 160L
1.5	27	35	41	49	60	70	83	140
2.0	31	40	48	57	69	81	97	164

- Sistema de bloqueo que impide el despiece accidental.
- Conexión de toma especialmente concebida para la microaspersión: altos caudales con mínimas pérdidas de carga.
- Diferentes posibilidades de conexión.

- Special locking system to avoid accidental disassembly.
- Take-off connector specially designed to micro-sprinklers: high flows with minimum head loss.
- Different connection possibilities.



### BAILARINA

- Diseño simétrico con respecto al eje que optimiza el giro.
- Salida única que permite el máximo alcance con el mínimo caudal.

### SWIVEL

- Symmetrical design to optimize the spinning.
- Single outlet to allow a maximum wetter diameter with the minimum flow.



### DISPOSITIVO ANTI-INSECTOS

- Opcional en toda la gama.

### ANTI-INSECT DEVICE

- Optional for the whole range.





# DATOS TECNICOS / TECHNICAL DATA

## Microaspersores Micro-sprinklers

				Diámetro mojado / Wetted diameter (m)						
Boquilla / Nozzle				Bailarinas / Swivels						Difusor / Sprayer
Modelo Model	Orificio boquilla Nozzle size (mm)	Presión Pressure (bar)	Caudal Flow (l/h)	Largo Alcance* Long range	Corto Alcance* Short range	Con deflector* Stream deflector	Invertida** Upside Down		Nebulizador Mist sprayer	
							0.60 (m)	1.50		
Gris / Grey 30L	0.80	1.5 2.0	27 31	5.5 5.5	3.5 3.5	0.90 1.80	5.5 5.5	6.5 6.5	1.0 1.0	
Blanco / White 40L	0.90	1.5 2.0	35 40	6.0 6.0	3.5 4.0	1.20 1.80	6.0 6.0	6.5 6.5	1.1 1.1	
Marrón / Brown 50L	1.00	1.5 2.0	41 48	6.5 6.5	3.5 4.0	1.20 1.80	6.5 6.5	6.5 6.5	1.2 1.2	
Azul / Blue 60L	1.10	1.5 2.0	49 57	7.0 8.0	4.0 4.0	1.20 1.80	6.5 6.5	7.0 7.5	1.2 1.2	
Negro / Black 70L	1.20	1.5 2.0	60 69	7.5 8.0	4.0 4.5	1.20 1.80	6.5 6.5	7.0 8.0	1.3 1.3	
Verde / Green 80L	1.30	1.5 2.0	70 81	8.0 8.5	4.0 4.5	1.20 1.80	6.5 6.5	8.5 8.5	1.4 1.4	
Rojo / Red 100L	1.40	1.5 2.0	83 97	8.0 9.5	4.5 4.5	1.20 1.80	6.5 6.5	8.5 8.5	NR	
Amarillo / Yellow 120L	1.65	1.5 2.0	109 127	8.5 9.5	5.0 5.5	1.65 1.80	6.5 8.0	8.5 9.0	NR	
Violeta / Violet 160L	1.90	1.5 2.0	140 164	8.5 9.0	5.0 6.0	NR	7.0 8.0	8.5 9.0	NR	

ISO 7749 - ISO 15886 / ISO 7749 - ISO 15886 Standard.

\* Microsensor dispuesto a 20 cm del nivel del suelo. / Results at 20 cm above the ground.

\*\* Altura respecto al suelo a 0.60 m y 1.50 m. / 0.6 m and 1.5 m high above the ground.

NR: No recomendado / Not recommended.

Rango de presión recomendado AZUD RAINTEC: 1.3 - 2.5 bar / AZUD RAINTEC recommended working pressure: 1.3 - 2.5 bar

Todas las bailarinas pueden llevar anti-insectos excepto la invertida y el nebulizador.

The anti-insect device can be used with all the swivels except the upside-down one and the mist-sprayer.



### Bailarina con deflector

Disenado para plantaciones jóvenes.  
Permite su eliminación transformando  
la bailarina en una de corto alcance.

### Stream deflector swivel

Designed to young crops. Breaking the  
deflector, the swivel becomes a short  
range swivel.

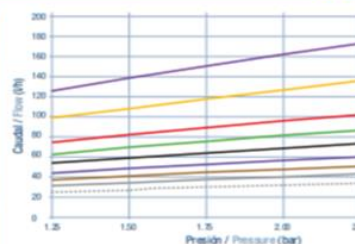


### Nebulizador / Mist sprayer

Presión de trabajo: 1.5 - 3 bar  
Working pressure:

Número máximo de microaspersores en lateral Maximum number of micro-sprinklers		Separación de microaspersores* Spacing between micro-sprinklers (m)						
Modelo Model	Diámetro tubo Pipe diameter (mm)	2	3	4	5	6	7	
Gris / Grey 30L	16 20 25	25 41 58	21 36 52	19 33 47	17 30 46	16 28 42	13 27 38	
Blanco / White 40L	16 20 25	22 34 49	18 30 43	16 27 39	16 27 39	13 23 34	12 22 32	
Marrón / Brown 50L	16 20 25	18 30 43	16 26 39	13 23 34	12 22 31	11 20 29	11 19 28	
Azul / Blue 60L	16 20 25	15 26 38	13 23 33	12 21 30	11 19 28	10 18 26	9 17 24	
Negro / Black 70L	16 20 25	14 23 33	11 20 29	10 18 26	9 16 24	8 15 22	8 14 21	
Verde / Green 80L	16 20 25	11 20 29	10 17 25	9 16 23	8 14 21	7 13 20	7 12 19	
Rojo / Red 100L	16 20 25	10 18 26	8 15 22	7 14 20	6 12 18	6 11 17	6 11 16	
Amarillo / Yellow 120L	16 20 25	7 14 21	8 13 20	8 13 19	7 12 17	7 12 16	6 11 15	
Violeta / Violet 160L	16 20 25	6 11 17	5 9 14	4 8 12	4 8 11	3 7 11	3 7 10	

\* Presión de entrada 2 bar / Inlet pressure 2 bar

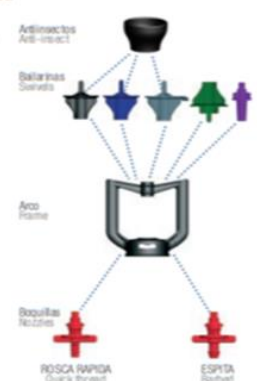


### Equalización característica

Discharge equation  
AZUD RAINTEC  $q = k \cdot h^x$

Modelo Model	$q \text{ (l/h)} \cdot h \text{ (mca)}$
Gris / Grey 30L	$q = 6.75 \cdot h^{0.51}$
Blanco / White 40L	$q = 8.17 \cdot h^{0.50}$
Marrón / Brown 50L	$q = 9.48 \cdot h^{0.54}$
Azul / Blue 60L	$q = 11.50 \cdot h^{0.50}$
Negro / Black 70L	$q = 13.44 \cdot h^{0.54}$
Verde / Green 80L	$q = 16.13 \cdot h^{0.54}$
Rojo / Red 100L	$q = 18.44 \cdot h^{0.50}$
Amarillo / Yellow 120L	$q = 21.54 \cdot h^{0.50}$
Violeta / Violet 160L	$q = 31.50 \cdot h^{0.50}$

### Configuraciones Configurations



### Conexiones Microtubo Microtube connections



Rosca-Rosca  
Thread-Thread



Rosca-Espita  
Thread-Barbed



Espita-Espita  
Barbed-Barbed

**AZUD**  
The Culture of Water La Cultura del Agua

SISTEMA AZUD, S.A.  
Aida de las Américas P. 6/8 - Pol. Ind. Oeste  
30820 ALCANTARILLA - MURCIA - SPAIN

Agdo. 147-30169 SAN GINÉS - MURCIA - SPAIN  
Tel.: +34 968 808402 • Fax: +34 968 808302  
E-mail: azud@azud.com • www.azud.com



SISTEMA AZUD, S.A. se reserva el derecho de efectuar modificaciones en las características de sus productos. / SISTEMA AZUD, S.A. reserves the right to change the characteristics of these products without prior notice.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA  
UNI – RUPAP**

**GUIA DE PRÁCTICAS DE CAMPO  
DE DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO Y DRENAJE**

**“RIEGO LOCALIZADO DE ALTA FRECUENCIA”**

**PRÁCTICA No. 7:  
Diseño e Instalación de un sistema de riego por Goteo**

**MANAGUA, NICARAGUA  
DICIEMBRE 2019**

### **7.5.7. PRÁCTICA No. 7**

#### **✓ Diseño e Instalación de sistema de riego por Goteo**

### **OBJETIVOS**

- a) Conocer el modo de operación de un sistema de riego por goteo.
- b) Instalar un sistema de riego por goteo en una parcela en la Fina Agrícola Experimental.

### **INTRODUCCIÓN**

El riego por Goteo, por su menor demanda de presión y caudales entra dentro de los llamados riegos localizados de alta frecuencia (RLAF). Con este sistema de riego sólo se humedece una parte del suelo, de donde la planta podrá obtener el agua y los nutrientes que necesita e implica una alta frecuencia de aplicación. Las características de localización y alta frecuencia suponen una serie de ventajas tanto agronómicas como económicas pero también algunos inconvenientes.

### **MATERIALES**

- Tuberías de PVC de 2"
- Cabezal de Riego
- Conectores de PE a Cinta de 16 mm
- Cinta de Riego por Goteo de 16 mm, Marca Irritec P1
- Equipo de Bombeo de 1 Hp
- Manómetro de Glicerina

## MARCO TEÓRICO

- **Ventajas de tipo agronómico**

a) Supone un ahorro de agua, debido a:

- ✓ Se reduce la evapotranspiración y las pérdidas de agua en las líneas de conducción y durante la aplicación.
- ✓ b) La alta uniformidad de riego, siempre que el sistema esté bien diseñado y mantenido.
- ✓ c) La posibilidad de medir y controlar la cantidad de agua aportada.

b) Es posible mantener el nivel de humedad en el suelo más o menos constante y elevado, sin que lleguen a producirse encharcamientos que provoquen la asfixia radicular o faciliten el desarrollo de enfermedades.

c) Posibilita la utilización de aguas de menor calidad, debido a la alta frecuencia de riego, que hace que las sales estén más diluidas, disminuyendo su efecto osmótico y lavando de forma continua el bulbo húmedo que se forma alrededor del gotero.

d) Hace posible la fertirrigación, lo que conlleva un ahorro de fertilizantes y de mano de obra, una mejor distribución de estos en el tiempo y en el espacio y una mejora en la asimilación de fertilizantes y permite actuar rápidamente ante deficiencias.

e) Permite la aplicación de otros productos, a parte de los fertilizantes, a través del agua de riego.

f) Facilita el control de malas hierbas, ya que éstas se localizan tan sólo en el área húmeda.

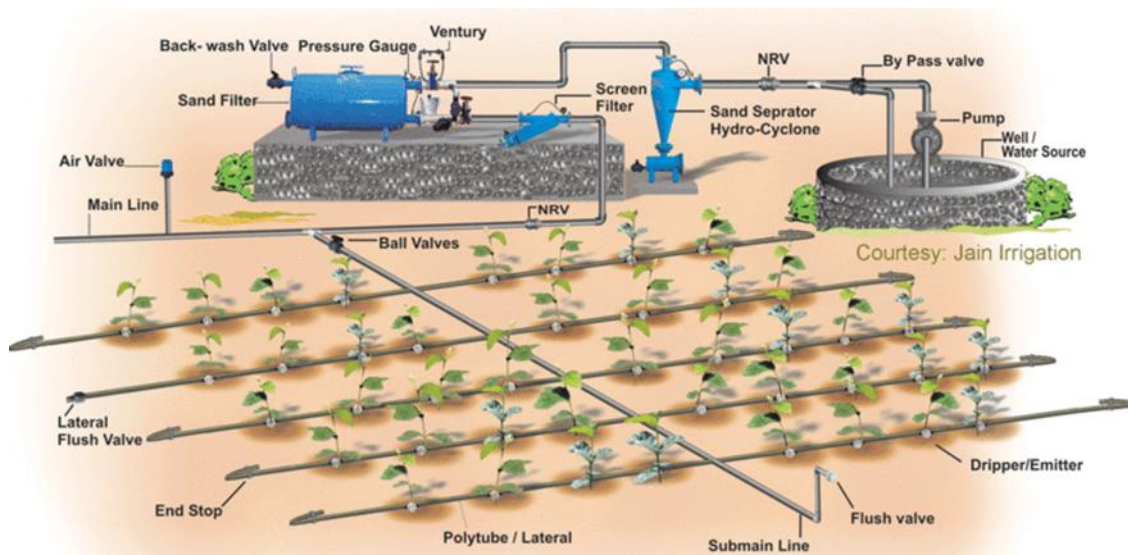
- **Ventajas de tipo económico y de manejo, las principales son:**

- a) El gasto energético es menor, debido a la reducción de los consumos de agua y a las menores necesidades de presión.
- b) Se reduce la mano de obra necesaria para el manejo del riego.
- c) Se presta a una fácil automatización.

- **Principales inconvenientes**

- a) Con facilidad se obstruyen los huecos emisores de agua.
- b) Aumento de costos de las instalaciones respecto a otros sistemas de riego.
- c) Necesidad de presión de agua para su funcionamiento.
- d) Creación de zonas de acumulación salina, debido al lavado localizado de sales, de forma que son necesarios riegos por inundación u otro sistema para el lavado de sales.

- **Componentes de un sistema de Riego por Goteo**



## ACTIVIDADES

- ✓ En el aula de clases se explicara a los estudiantes lo relacionado a este tipo de riego.
- ✓ A través de un esquema se expondrá la disposición de los componentes del sistema.
- ✓ Se detallaran las actividades a realizar en la práctica y se distribuirán a los diferentes subgrupos de trabajo, previamente formados.
- ✓ Enseguida nos dirigiremos a la parcela en donde se instalara un sistema de riego por goteo.
- ✓ Cada subgrupo participara en la instalación del sistema de riego por goteo, realizando las actividades asignadas.
- ✓ Una vez instalado el sistema de riego se pondrá en marcha el equipo de bombeo para observar el funcionamiento del sistema.
- ✓ Se evaluarán las presiones y caudales en el sistema para comprobar si está funcionando correctamente.

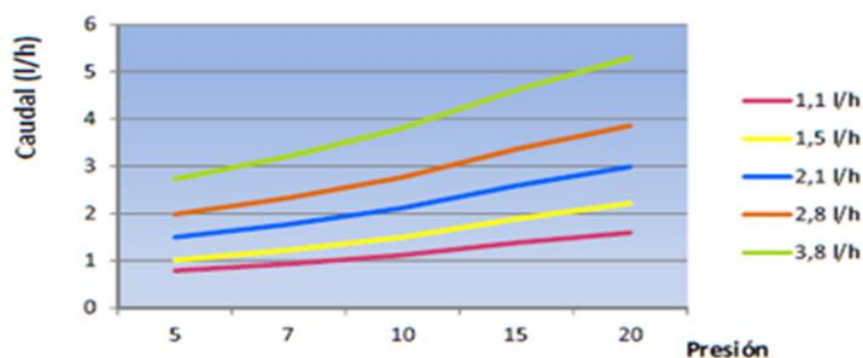
## BIBLIOGRAFÍA

- [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_manual\\_riego\\_por\\_goteo.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf)
- <https://azud.com/wp-content/uploads/2019/02/Manejo-y-Mantenimiento-de-instalaciones-de-riego.pdf>
- <http://www.fao.org/3/a-at787s.pdf>



## Características del gotero

Caudal nominal l/h a 1 bar	Filtración recomendada	Color	Área filtro emisor (mm <sup>2</sup> )	Q=K·H <sup>x</sup> (H en m.c.a.)		Relación Presión/Caudal (l/h) Ø 16mm					
				K	X	Presión (bar)					
1,10	155 mesh		5,8	0,3452	0,5109	0,80	0,92	1,11	1,22	1,40	1,60
1,50	155 mesh		5,8	0,4093	0,5638	1,00	1,25	1,50	1,65	1,90	2,20
2,10	120 mesh		7,5	0,6680	0,5002	1,50	1,77	2,09	2,32	2,59	3,00
2,80	120 mesh		7,5	0,9127	0,4812	1,99	2,32	2,76	3,01	3,35	3,88
3,80	120 mesh		8,1	1,2644	0,4780	2,73	3,20	3,81	4,15	4,60	5,30



## Características de la cinta

Ø Nominal (mm)	Ø externo (mm)	Espesor		Presión máx de trabajo (bar)
		mil	mm	
16	16,1	6	0,15	0,6
		8	0,20	0,8
		10	0,25	1,0
		12	0,30	1,2
		15	0,40	1,5
		18	0,45	1,7
22	22,3	24	0,60	2,0
		8	0,20	0,7
		10	0,25	0,8



*don't wait for rain*

## Longitudes máximas recomendadas

Ø 16										Ø 22										
Q (l/h)	S (%)	E.U. (%)	Espaciamiento (cm)							Q (l/h)	S (%)	E.U. (%)	Espaciamiento (cm)							
			20	30	40	50	60	75	100				20	30	40	50	60	75	100	
0,8	-2	95	40	41	42	43	43	43	43	0,8	-2	95	43	43	43	43	43	44	44	44
		90	116	132	143	150	155	160	165			90	149	159	164	167	169	170	172	
		85	152	176	193	204	213	221	230			85	202	220	229	238	238	241	244	
	0	95	93	121	148	167	188	216	260		0	95	162	210	252	291	327	377	452	
		90	172	223	268	308	346	399	479			90	300	388	466	537	603	695	835	
		85	213	276	332	382	429	495	594			85	371	481	577	666	748	862	1035	
	2	95	61	50	48	47	47	46	46		2	95	47	46	46	46	46	46	46	46
		90	212	263	354	417	475	565	378			90	407	631	333	253	235	225	218	
		85	257	322	333	367	428	645	754			85	486	602	727	812	921	425	374	
1,1	-2	95	39	42	44	44	45	45	46	1,1	-2	95	44	45	46	46	46	46	46	46
		90	105	123	136	145	151	158	166			90	143	157	165	170	173	176	178	
		85	135	161	179	193	203	215	228			85	191	213	227	235	240	246	251	
	0	95	78	101	121	139	156	180	216		0	95	136	176	212	244	274	316	379	
		90	143	185	222	256	287	331	397			90	250	324	389	449	504	580	697	
		85	176	228	274	316	355	409	491			85	309	401	481	555	623	718	863	
	2	95	110	63	54	52	51	50	49		2	95	52	50	49	49	49	49	49	49
		90	173	230	245	320	384	452	558			90	269	438	541	646	793	268	246	
		85	209	277	304	327	459	538	643			85	337	413	500	658	799	912	920	
1,5	-2	95	34	38	39	40	41	42	42	1,5	-2	95	40	41	42	42	42	43	43	43
		90	88	105	117	126	133	141	150			90	125	140	149	154	158	162	165	
		85	113	137	154	168	178	191	205			85	166	189	204	213	220	227	233	
	0	95	62	80	97	111	125	144	173		0	95	109	141	169	195	219	252	303	
		90	115	148	178	205	230	266	319			90	201	260	312	360	404	466	560	
		85	142	184	221	254	286	329	395			85	249	322	387	446	501	578	649	
	2	95	82	74	55	50	48	47	46		2	95	51	47	46	46	45	45	45	45
		90	134	180	223	263	302	353	432			90	256	342	377	585	570	366	236	
		85	163	218	269	317	362	423	514			85	309	411	460	535	645	741	820	
2,1	-2	95	32	36	39	40	41	42	43	2,1	-2	95	40	42	43	43	44	44	44	44
		90	76	93	105	115	123	132	143			90	113	130	142	149	155	160	166	
		85	97	119	136	150	161	175	192			85	148	173	190	202	211	221	231	
	0	95	51	66	79	91	102	118	141		0	95	89	115	138	159	179	206	248	
		90	93	121	145	167	188	217	260			90	164	212	255	294	330	380	457	
		85	116	150	180	207	233	268	322			85	203	263	316	364	409	471	566	
	2	95	65	87	62	97	56	52	49		2	95	92	52	49	48	48	47	47	47
		90	107	142	174	209	237	280	346			90	204	273	336	394	447	531	651	
		85	131	173	212	252	286	337	414			85	245	328	403	471	534	615	723	
2,8	-2	95	60	34	37	39	40	41	43	2,8	-2	95	38	41	43	43	44	44	45	45
		90	67	82	94	103	112	121	134			90	101	119	132	141	148	155	163	
		85	84	104	120	134	145	159	177			85	131	156	174	188	198	210	223	
	0	95	43	56	67	77	86	99	119		0	95	75	97	116	134	150	173	207	
		90	79	102	122	141	158	183	219			90	137	177	213	246	276	318	382	
		85	97	126	151	174	196	226	271			85	169	219	264	304	341	393	472	
	2	95	55	73	88	109	81	62	53		2	95	104	66	54	51	50	49	49	49
		90	89	118	144	171	194	227	283			90	165	219	273	323	365	429	529	
		85	109	144	175	207	234	274	340			85	200	265	388	388	437	512	622	
3,8	-2	95	27	31	34	37	38	40	42	3,8	-2	95	36	40	42	43	44	44	45	45
		90	57	71	82	91	99	109	122			90	90	107	120	130	138	146	156	
		85	72	90	104	116	127	141	159			85	115	139	157	171	183	196	212	
	0	95	36	46	55	64	72	83	99		0	95	63	81	97	112	126	145	174	
		90	65	85	102	117	131	151	182			90	115	148	178	205	231	266	319	
		85	81	104	125	145	162	187	225			85	142	183	220	254	285	328	394	
	2	95	43	60	72	87	97	66	66		2	95	85	116	71	57	54	52	50	50
		90	72	97	117	139	156	182	225			90	135	181	219	258	295	351	437	
		85	88	118	143	168	190	221	272			85	164	219	265	312	356	421	516	

S = Pendiente del terreno en % (- subida, + bajada), E.U. = Coeficiente de uniformidad (%). Presión 10 m.c.a.

*don't wait for rain*



## ACCESORIOS



## PROGRAMADORES

El programador de riego ORIÓN es un programador sencillo y robusto, fruto de nuestra amplia experiencia en el campo de la electrónica aplicada al sector agrícola y en especial al del riego. Se trata de un equipo capaz de controlar el sistema de riego, el bombeo, la fertilización, la humedad en el suelo y la limpieza de filtros de una gran variedad de instalaciones agrícolas.



## LAYFLAT Y ACCESORIOS



Tubería flexible de PVC reforzada con un entramado de alta resistencia, ideal para uso temporal o para las líneas que deben ser movidas con frecuencia.

Su peso ligero y flexible, reduce el tiempo de instalación y recogida. Fácil de cortar y rápida de conectar mediante el uso de accesorios especializados. De perfil plano, puede ser perforada para insertar accesorios para conectar líneas laterales de gotero. Disponible entre 2,4 y 5 bar de presión de funcionamiento y desde 1" 1/2 hasta 8" de diámetro.

## FERTIRRIGACIÓN



El equipo de fertirrigación SIBERCONTROL de Irritec está diseñado para el suministro eficiente de fertilizantes líquidos y ácidos en los sistemas de riego. Además Irritec dispone de Venruri en diámetros de 1/2" - 1" - 1 1/2" - 2" para caudales de entrada de 8-510 l/min.



## VÁLVULAS DE BOLA



Las válvulas de bola de PVC Irritec son adecuadas para el riego, la agricultura, e incluso para el tratamiento y control del agua. Las válvulas de bola son bidireccionales y aseguran una perfecta estanqueidad hidráulica, además de una resistencia mecánica óptima.

## FILTROS PLÁSTICOS



Irritec dispone de una amplia gama de "Filtros Y" y "T Rotofilters" que ofrecen el mejor rendimiento de filtrado para cubrir las necesidades de cualquier sistema de riego. Equipados con malla o discos, los filtros de plástico Irritec están disponibles en una amplia selección de grados de filtración y diámetros desde 1/2" hasta 3".

## FILTROS AUTOMÁTICOS DE DISCO



Los filtros Rotodisk automáticos montados en batería, equipados con las válvulas hidráulicas adecuadas y una unidad de control, permite mantener la continuidad del ciclo de riego mientras hacen el retrolavado. La innovadora tecnología aplicada permite reducir los derroches de agua y de mano de obra necesaria para el mantenimiento de una estación de filtrado. Disponible en una amplia gama de grado de filtración y caudales.

## FILTROS DE ARENA



Los filtros de metal Irritec, están protegidos con una capa de pintura de alta resistencia que los hacen sólidos y fiables en el tiempo. Esta gama de filtros, están disponibles en manuales y automáticos, son adecuados para una amplia gama de aplicaciones que satisfacen las necesidades más complejas en el riego, la industria y los municipios.

**irritec iberia S.A.**

Polígono Industrial El Pilero, C/ Cordeleros s/n 41410 Carmona (Sevilla)

[www.irritec.com](http://www.irritec.com)

## **VIII. CONCLUSION**

Para la instalación del laboratorio de riego presurizado se diseñaron los componentes de los sistemas de riego, seleccionando el cultivo para cada método de riego en específico, teniendo en cuenta las diferentes condiciones edafoclimáticas que imperan en el terreno o zona que se elaboró el estudio.

Se realizó el diseño agronómico e hidráulico de los distintos métodos de riego presurizados de alta y baja presión; asegurando el funcionamiento óptimo de los sistemas de riego en base a las capacidades de bombeo y caudal disponible en la Finca Agrícola Experimental. Asimismo, la memoria de cálculo permitirá la práctica para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agrícola en las asignaturas de riego del pensum académico.

El estudio presenta ciertas características de los cultivos sugeridos, sin embargo, no se pretende dar las pautas del manejo agronómico de cada cultivo pues estas decisiones corresponderían a personal calificado en el ramo. La elección de los materiales a utilizar en los sistemas se realizó de acuerdo a la existencia de estos en el mercado nacional.

Las guías de prácticas de campo de la Asignatura de Diseño de Sistemas de Riego fueron actualizadas tomando en cuenta las características y ficha técnica de los diferentes emisores que fueron instalados en el laboratorio de riego presurizado. Se anexó la información técnica a cada una de las guías, de tal forma que los estudiantes bajo la guía del docente de prácticas, puedan ejecutar los cálculos hidráulicos de cada uno de los métodos de riego instalados.

## **XI. RECOMENDACIONES**

Realizar con mucho cuidado las labores culturales referentes al control de malezas y deshije, ante el riesgo de romper o cortar los laterales de riego tendidos sobre el terreno.

Para evitar obstrucciones en la red de riego por la presencia de microorganismos, material sólido en suspensión o sales precipitadas, que pueden generar problemas de funcionamiento, se debe realizar, periódicamente, un lavado mecánico del sistema abriendo los finales de las tuberías terciarias y laterales, mientras se mantiene abierto el riego.

En lo que respecta a la bomba: Revisar su funcionamiento, ruidos, vibraciones, etc., además de leer las instrucciones de operación y mantenimiento y preguntar al instalador las presiones nominales antes de ponerla en marcha.

Asegurarse de que las válvulas manuales de control de riego y la de la red de distribución están en su posición normal de trabajo para que el sistema funcione correctamente.

En la red de distribución, evitar apertura y cierre brusco de las válvulas (así se evitará el golpe de ariete).

Realizar al menos semestralmente un chequeo general de las ventosas (válvulas de aire) de la red de distribución.

## X. BIBLIOGRAFIA

AGRICULTURERS. (15 de 01 de 2015). Obtenido de Como realizar el cultivo de sandia: <http://agriculturers.com/como-realizar-el-cultivo-de-sandia/>

AGROPRECIOS. (28 de 08 de 2019). Obtenido de Cultivar berenjena cuesta más de 43.000 euros/hectárea por campaña: <http://www.agroprecios.com/es/noticias/2688-cultivar-berenjena-cuesta-mas-de-43000-euroshectarea-por-campana>

Araúz, Y., & Arguello, P. (2004). *Propuesta de las alternativas de los sistemas de riego tecnificado presurizado en la implementación de cultivos tradicionales para la Finca Experimental Agrícola F.T.C.* Managua, Nicaragua: UNI.

Bashny. (27 de 08 de 2019). Obtenido de Los rábanos en el alféizar de la ventana: el cultivo de invierno y de verano en el hogar. : <https://bashny.net/t/es/348228>

BIO&GEO. (2 de 9 de 2019). Obtenido de LA FORMACIÓN DEL SUELO: [bioygeologia.weebly.com/la-formacioacuten-del-suelo.html](http://bioygeologia.weebly.com/la-formacioacuten-del-suelo.html)

Castillo Arnedo Suministros Agrícolas. (26 de junio de 2019). *Cinta de riego T-Tape*. Obtenido de [www.castilloarnedo.com/tienda/inicio/255-cinta-de-riego-t-tape.html](http://www.castilloarnedo.com/tienda/inicio/255-cinta-de-riego-t-tape.html)

Cerda, M., & Doña, K. (2013). *Diseño e instalación de un sistema de riego por aspersión para fines prácticos en la Finca Experimental Agrícola FTC-UNI*. Managua, Nicaragua: UNI.

Chávez, N., Hernandez, J., & Pérez, B. (2018). *Diseño de un sistema de riego por cañones para el cultivo de pasto Maralfalfa en la finca El Brasil Blanco, municipio de San Francisco Libre, departamento de Managua*. Managua, Nicaragua: UNI.

*EcuRed*. (2 de 9 de 2019). Obtenido de porosida: <https://www.ecured.cu/Porosidad>

*El Cuco*. (27 de 08 de 2019). Obtenido de "Nutricion en el Cultivo del Ajo":  
<https://www.elcucodigital.com/se-realizara-en-tupungato-una-jornada-sobre-nutricion-en-cultivo-de-ajo/>

*El Jardín de la Alegria*. (25 de junio de 2019). Obtenido de Instalación de riego por goteo (localizado) con tubería con goteros integrados autocompensantes:  
[http://eljardindelaalegriaenmadrid.blogspot.com/2015\\_06\\_16\\_archive.html](http://eljardindelaalegriaenmadrid.blogspot.com/2015_06_16_archive.html)

*elriego.com*. (25 de junio de 2019). Obtenido de Principios y tipos de riego localizado: <http://elriego.com/principios-riegolocalizado/>

Equipo Editorial INTAGRI. (13 de AGOSTO de 2019). *intagri*. Obtenido de Curso internacional sobre produccion de piña, banano y papaya:  
[https://www.intagri.com/public\\_files/frutales/48.%20Biologia%20y%20Ecofisiologia%20del%20Cultivo%20de%20Papaya.pdf](https://www.intagri.com/public_files/frutales/48.%20Biologia%20y%20Ecofisiologia%20del%20Cultivo%20de%20Papaya.pdf)

*FERTILAB*. (22 de 08 de 2014). Obtenido de Importancia de la estructura en la salud del suelo: <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/Vista/Importancia-De-La-Estructura-En-La-Salud-Del-Suelo.php>

*hidroponia*. (27 de 08 de 2019). Obtenido de CEBOLLA, UNA HORTALIZA CON IMPORTANCIA A NIVEL MUNDIAL: <https://hidroponia.mx/cebolla-una-hortaliza-con-importancia-a-nivel-mundial/>

*Historia y Biografia*. (15 de 01 de 2015). Obtenido de LOS SUELOS CONCEPTO DE SUELO SU FORMACION PERFIL:  
<https://historiaybiografias.com/suelo1/>

<http://biblioteca24de4.blogspot.com/2011/06/seguimos-con-el-proyecto-huerta.html>. (9 de 6 de 2011). Obtenido de Seguimos con el proyecto huerta:

<http://biblioteca24de4.blogspot.com/2011/06/seguimos-con-el-proyecto-huerta.html>

*HYDROENVIRONMENT.* (28 de 08 de 2019). Obtenido de Cultivo del melon:  
[https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=379](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=379)

Infoagro. (13 de AGOSTO de 2019). *infoagro*. Obtenido de  
<http://www.infoagro.com/hortalizas/zanahoria.htm>

*Irvin Barrientos Andia.* (2 de 9 de 2019). Obtenido de ESCALA DE PH DEL SUELO:  
ESCALA DE PH DEL SUELO

*la mama pacha.* (8 de 09 de 2014). Obtenido de Triangulo del suelo:  
<https://lamamapachama.wordpress.com/2014/09/08/vulnerabilidad-de-las-reservas-de-carbono-en-el-suelo-debido-al-aumento-de-las-temperaturas/triangulo-del-suelo/>

La Prensa. (20 de 08 de 2016). *La Prensa*. Obtenido de  
<https://www.laprensa.com.ni/2016/08/20/economia/2086345-plataneros-en-nicaragua-van-tras-mejor-produccion>

*LEROYMERLIN.* (27 de 08 de 2019). Obtenido de ¿Qué plantar en mayo?:  
<https://comunidad.leroymerlin.es/t5/Bricopedia-Jardiner%C3%ADa/Qu%C3%A9-plantar-en-mayo/ta-p/63850>

Luna, F., & Pérez, E. (2012). *Diseño de un sistema de riego por goteo utilizando energía fotovoltaica 1.6mz. del cultivo de platano en la finca "Ojo de Agua" en el municipio de San Francisco Libre, Managua.* Managua, Nicaragua: UNI.

*madrimasd.* (22 de 02 de 2007). Obtenido de Permeabilidad y Pendiente: El Movimiento de Aire y de Agua en el suelo:  
<https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/02/22/59780>



Mayorga, J., & Aguilar, J. (2013). *Diseño e instalación de un sistema de riego por microaspersión para el cultivo de Plátano (Musa sp), variedad Cuerno Enano en la finca La Porfía, municipio de Malpaisillo, departamento de León*. Managua, Nicaragua: UNI.

*monografias.com*. (martes de junio de 2019). Obtenido de [www.monografias.com/trabajos58/riego-goteo-fertirrigacion/riego-goteo-fertirrigacion2.shtml](http://www.monografias.com/trabajos58/riego-goteo-fertirrigacion/riego-goteo-fertirrigacion2.shtml)

NETAFIM. (27 de 08 de 2019). Obtenido de AHORRE AGUA Y AUMENTE EL RENDIMIENTO DEL PIMIENTO CON RIEGO DE PRECISIÓN.: <https://www.netafimindia.com/crop-knowledge/capsicum/>

Nurserylive. (27 de 08 de 2019). Obtenido de Granja de papaya mejorada: <https://nurserylive.com/buy-vegetable-seeds-online-in-india/indian-vegetable-seeds-desi/papaya-farm-improved-plants-in-india>

PASOLAC/PROSESUR. (25 de JUNIO de 2019). FUNDESYRAM. Obtenido de Sistema de micro riego por goteo con cinta industrial: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=903>

PREGON AGROPECUARIO. (27 de 08 de 2019). Obtenido de Científicos españoles desarrollan tomates resistentes a plagas: <http://www.pregonagropecuario.com/cat.php?txt=10892>

Quijano, D., Juarez, M., & Sandoval, R. (2014). *Adaptación de cuatro variedades de papa (Solanum tuberosum L.) a las condiciones edafoclimáticas del Centro Experimental Agrícola de la UNI en el periodo de marzo a julio 2013*. Managua, Nicaragua: UNI.

*SlideShare*. (27 de 08 de 2011). Obtenido de II Curso Internacional de Programacion de Riego Tecnificado y Fertirriego:  
<https://es.slideshare.net/AgrounicaBlogspot/sap-p2>

*SLIDESHARE*. (25 de junio de 2019). Obtenido de Riego por goteo en papa:  
<https://www.slideshare.net/cacotaforestales/riego-por-goteo-en-papa/2>

*VYR S.A.* (26 de Junio de 2019). Obtenido de Aspersores Medio Caudal. Eficiencia y alto coeficiente de Uniformidad.:  
[www.vyrsa.com/es/catalogo/categorias/aspersores-agricultura/aspersores-medio-caudal/](http://www.vyrsa.com/es/catalogo/categorias/aspersores-agricultura/aspersores-medio-caudal/)

## XI. ANEXOS

### ➤ Coeficientes de Christiansen

n	$l_o = 1$					n	$l_o = 1/2$				
	$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$		$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,388	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,356	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,349
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338	-	-	-	-	-	-
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337	-	-	-	-	-	-
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335	-	-	-	-	-	-
>300	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333	-	-	-	-	-	-

n = Número de salidas	En la práctica se toma los siguientes valores de $\beta$ :
$\beta=1,75$ Blasius, Cruciani-Margaritora	$\beta=1,75$ para tuberías de PE
$\beta=1,786$ Scimemi	$\beta=1,80$ para tubería de PVC
$\beta=1,80$ Iso, Veronese-Daite	$\beta=1,85-1,90$ para tubería de aluminio
$\beta=1,85$ Hazen-Williams	
$\beta=1,90$ Scobey	
$\beta=2,00$ Manning, Darcy-Weisbach	

➤ Longitud equivalente de la conexión de un emisor

